

Administración y Organizaciones

Número Especial

Año 2024

**ESTRATEGIAS ORGANIZACIONALES
EN LA ERA DE LA INDUSTRIA 4.0:
DIGITALIZACIÓN, INNOVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD**



Administración y Organizaciones

Volumen 27, Número Especial 2024

Estrategias organizacionales en la era de la Industria 4.0:
digitalización, innovación y sustentabilidad



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco

Administración y Organizaciones se encuentra incluida en los siguientes directorios:



Y bajo una licencia de Creative Commons:



Los autores son responsables de los artículos aquí publicados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos citando la fuente y el autor o autores



Rector General: Dr. José Antonio de los Reyes Heredia
Secretaria General: Dra. Norma Rondero López

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector: Dr. Francisco Javier Soria López
Secretaria de Unidad: Dra. María Angélica Buendía Espinosa

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Directora: Dra. Esthela Irene Sotelo Núñez
Secretaria Académica: Dra. Ma. del Pilar Berrios Navarro

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ECONÓMICA

Jefa de Departamento: Dra. Graciela Carrillo González

EDITORAS RESPONSABLES DEL NÚMERO

Dra. Silvia Pomar Fernández
Dra. Ruth Selene Ríos Estrada

ASISTENTE EDITORIAL

Lic. Ana Karen Galicia Galicia

EDICIÓN Y MAQUETACIÓN

Lic. Ana Karen Galicia Galicia
Lic. Bianca Elizabeth Whitney Rosas

DISEÑO DE PORTADA

Lic. Ángel Carolina Arzate Gutiérrez

EDITOR FUNDADOR †

Mtro. Ricardo Antonio Estrada García

EQUIPO EDITORIAL

Editor en jefe

Dr. Angel Wilhelm Vázquez García

Editora de Sección

Dra. Graciela Carrillo González

Asistente Editorial

Lic. Bianca Elizabeth Whitney Rosas

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Regina Leal Güemez

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México

Dr. Ayuzabet de la Rosa Alburquerque

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México

Dra. Rosiluz Ceballos Povedano

Universidad del Caribe, México

Dr. David Salvador Cruz Rodríguez

Instituto Politécnico Nacional - UPIICSA, México

Dra. Carmen Hernández Cansino

Universidad Autónoma de Querétaro - UMEST, México

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Eduardo Bueno Campos

Escuela de Negocios, UDIMA, España

Dra. Adriana Patricia Uribe Uran

Universidad Sergio Arboleda, Colombia

Dr. Manuel A. Garzón Castrillón

Fundación para la Investigación y el Desarrollo Educativo Empresarial, Colombia

Dr. Jorge Ríos Szalay

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Ricardo Contreras Soto

Universidad de Guanajuato, Celaya, México

Dr. Ricardo Contreras Soto

Universidad de Guanajuato, Celaya, México

Dr. David Esteban Espinoza

Universidad de Ricardo Palma, Lima, Perú

Revista *Administración y Organizaciones* AO



Revista de la División de Ciencias Sociales y Humanidades
Departamento de Producción Económica
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
ISSN 2683-2534

Administración y Organizaciones, volumen 27, Número Especial 2024, es una publicación editada por la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Colonia Ex Hacienda de San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, Código Postal 04960, Ciudad de México y Calzada del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, Código Postal 04960, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. Página electrónica de la revista: <https://rayo.xoc.uam.mx/index.php/Rayo> y dirección electrónica: rayo@correo.xoc.uam.mx, Editoras responsables del número: Silvia Pomar Fernández y Ruth Selene Ríos Estrada. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2022-102816341700-102; ISSN 2683-2534, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsables de la última actualización de este número: Silvia Pomar Fernández y Ruth Selene Ríos Estrada, departamento Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, Código Postal 04960, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México; fecha de la última modificación: 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor responsable de la publicación.

Administración y
Organizaciones

Número Especial

2024

Ciudad de México,
México

ISSN 2683-2534

LA INDUSTRIA 4.0, SU IMPACTO Y DESAFÍOS EN LAS ORGANIZACIONES

Coordinadoras

Ruth Selene Ríos Estrada
Silvia Pomar Fernández

En la era de transformación digital, donde la tecnología avanza a pasos agigantados y la preocupación por adaptarse a los cambios es imperativo explorar y comprender los cambios en los procesos tecnológicos que exige la implementación de la industria 4.0. Este es un momento crítico en la historia de la humanidad, donde el desarrollo industrial y el progreso se entrelazan con las nuevas configuraciones organizacionales que demanda el mercado. La implementación de la industria 4.0 incluye la combinación de tecnologías disruptivas que provocan un impacto profundo en el modelo de producción actual.

Este número especial de la Revista *Administración y Organizaciones* se enfoca en analizar a través de la exposición de argumentos y de casos, la relación entre la tecnología y los impactos que están originándose en las organizaciones.

En estas páginas, los interesados en el tema de los procesos de innovación en el escenario de la industria 4.0 encontrarán abordajes diversos que orientan sobre cómo la adopción de tecnologías como la inteligencia artificial, el internet de las cosas y la fabricación aditiva, están transformando la manera en que operan las organizaciones; pero no solo nos limitamos a nombrar lo referente a los avances tecnológicos pues, algunos autores de este número abordan un análisis crítico sobre los retos y desafíos a los que se están enfrentando.

Las reformas tecnológicas han provocado cambios trascendentales en las capacidades operacionales de los nuevos procesadores cuánticos entre los que se encuentra la computación cuántica que es capaz de transgredir los límites físicos de la materia teniendo una capacidad millones de veces superiores a la de los mejores computadores digitales; los algoritmos inteligentes y los algoritmos cognitivos invadirán la mayoría de las actividades humanas; este tema es tratado en el artículo *Revolución cuántica en la industria 4.0*.

El uso de las nuevas tecnologías ha propiciado mejoras que se han reflejado en la disminución de la contaminación y de desperdicios, el uso más eficiente de recursos lo cual se ve reflejado en el cuidado del medio ambiente, logrando que algunas empresas caminen hacia procesos más sustentables, esto es lo que se plantean en el artículo *Herramientas cibernéticas para la sustentabilidad y la democracia. La construcción del Simulador de Escenarios Socioambientales (SESA) para la subcuenca Santiago-Guadalajara*, en este documento se describe un modelo cibernético que permitirá democratizar el proceso de toma de decisiones orientadas hacia la sustentabilidad, con el fin de concientizar a la ciudadanía sobre la problemática ambiental, la elaboración de políticas socio ambientales, la obtención de información estratégica para el sector empresarial y la formación universitaria.

En el escenario de las nuevas tecnologías, el comportamiento sustentable toma un protagonismo crítico de cara al paradigma de la I4.0, hasta el punto de que debería transformarse en una prioridad estratégica para las empresas a nivel global, el problema de la contaminación ya no tiene un efecto solo en lo local, el impacto es en el mundo que habitamos y los recursos que utilizamos. A las empresas que implementado el uso tecnologías particulares de la I4.0 se les ha denominado organizaciones inteligentes, adjetivo que en la industria se le conoce como smart manufacturing; el artículo *¿El Smart manufacturing es realmente una alternativa sustentable en los procesos de transformación industrial?* indaga el efecto en los procesos industriales en la disminución de los impactos ambientales.

La industria automotriz es uno de los sectores que más han desarrollado la manufactura inteligente, implementando elementos de la inteligencia artificial a sus procesos, esto ha permitido reducir costos de manufactura, eficientar sus procesos de producción y mejorar el servicio al cliente, lo que ha generado cambios en los modelos de negocio, como lo muestra el artículo *Clúster automotriz de San Luis Potosí*, en el que se observa que la estrategia de colaboración entre empresas, centros de investigación, instituciones educativas y gubernamentales ha permitido desarrollar actividades en forma conjunta como suministros y sistematizar proceso, en el mismo sentido el artículo denominado *El uso de las nuevas tecnologías en la industria de autopartes*, se muestra de qué manera la incorporación de las asociaciones interorganizaciones ha permitido el crecimiento y el fortalecimiento de las organizaciones, así como, el reconocimiento por los productos de vanguardia que ofrecen, lo que les ha permitido ser más competitivas a nivel mundial.

A pesar de los beneficios que se han dado con la adopción de las tecnologías, también existen impactos nocivos, derivados del consumos de recursos naturales, de la demanda del recurso humano a bajo costo y de la disposición de espacios e infraestructura, que se han dado por la instalación de las empresas automotrices armadoras en diversos lugares, estas problemáticas se plantean en el artículo *Impacto económico y socioambiental en Chiapa-Ozumba con AUDI México* que trata particularmente de las desigualdades territoriales, sociales y económicas que han generado efectos perniciosos en los habitantes y en los ecosistemas.

En el área del transporte, el artículo *Los teleféricos como innovadora modalidad de transporte público sustentable* promueve la innovación tecnológica, mostrando la adaptación de este tipo de medios de transporte de acuerdo con las necesidades actuales de capacidad, seguridad, traslado y comodidad; pero al mismo tiempo da cuenta de las implicaciones ambientales, sociales y económicas que esto conlleva.

En todo este proceso del desarrollo y apropiación de las nuevas tecnologías sea exitoso, se requiere de un aprendizaje humano que contribuirá a asumir los cambios tecnológicos. Este tema es tratado en el artículo *La importancia de los procesos metacognitivos para la implantación exitosa de la industria 4.0 en las empresas*, en este texto se presenta la diferencia entre las formas de aprendizaje humano y el que se adquiere a través de los artefactos tecnológicos llamados inteligentes.

Otro aspecto importante en este proceso de cambio es la implementación de políticas de innovación que permitan la revitalización de las organizaciones productivas en el contexto de la industria 4.0, con el propósito de impulsar la transformación digital de las organizaciones

productivas, de esto se ocupa el artículo *Las políticas de innovación para la industria 40: una exploración de la literatura*.

Nos parece que este número especial de la revista invita a reflexionar primero, sobre la urgencia de ir avanzando en encontrar nuevas formas de producir y segundo, repensar la mirada parcializada que se le está dando a la tecnología como un proceso tecnológico aislado. Esperamos que este número inspire conversaciones significativas, acciones audaces y un compromiso renovado para avanzar en los desafíos que implica adoptar un nuevo paradigma.

Finalmente, expresamos nuestra gratitud al editor de esta revista el Dr. Angel Wilhelm Vázquez García por habernos dado la oportunidad de publicar este número, a la Dra. Graciela Carrillo González en su calidad de Editora de Sección y también a la Lic. Ana Karen Galicia Galicia por haber apoyado en la comunicación con los autores durante el proceso editorial de este fascículo.

ÍNDICE

ARTÍCULOS

Colaboración en la industria 4.0 en el clúster automotriz de San Luis Potosí 13

Regina Leal Güemez – Universidad Autónoma Metropolitana

Salvador T. Porras Duarte– Universidad Autónoma Metropolitana

Herramientas cibernéticas para la sustentabilidad y la democracia. La construcción del Simulador de Escenarios Socioambientales (SESA) para la subcuenca Santiago-Guadalajara 27

Salvador Peniche Camps –Universidad de Guadalajara

Charles Hall –College of Environmental Science and Forestry

Luis Fernando González Guevara –Universidad de Guadalajara

Joel García Galván –Universidad de Guadalajara

Impacto económico y socioambiental en Chiapa-Ozumba con AUDI Méx..... 43

Pedro Macario García Caudillo – Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Rafael de Jesús López Zamora – El Colegio de Tlaxcala

José Federico Pérez Ronquillo – El Colegio de Tlaxcala

Políticas de innovación para la Industria 4.0: Una exploración de literatura..... 57

José Luis Sampedro Hernández - Universidad Autónoma Metropolitana

¿El Smart manufacturing es realmente una alternativa sustentable en los procesos de transformación industrial? 75

Ruth Selene Ríos Estrada - Universidad Autónoma Metropolitana

José Ignacio Ponce Sánchez - Universidad Autónoma Metropolitana

Graciela Carrillo González - Universidad Autónoma Metropolitana

Revolución Cuántica en la Industria 4.0..... 89

Jaime Muñoz Flores - Universidad Autónoma Metropolitana

Los teleféricos como innovadora modalidad de transporte público sustentable..... 105

Daniel Villavicencio Carbajal - Universidad Autónoma Metropolitana

Sergio Gustavo Astorga - Universidad Autónoma Metropolitana

La importancia de los procesos metacognitivos para la implantación exitosa de la industria 4.0 en las empresas	126
Salvador De León Jiménez - Universidad Autónoma Metropolitana	
Laura Patricia Peñalva Rosales - Universidad Autónoma Metropolitana	
El uso de las nuevas tecnologías en empresas de Autopartes.	145
Silvia Pomar Fernández- Universidad Autónoma Metropolitana	
Araceli Rendón Trejo - Universidad Autónoma Metropolitana	
Autores	166
Política editorial	169
Convocatoria permanente	175

Colaboración en la industria 4.0 en el clúster automotriz de San Luis Potosí

Collaboration in the industry 4.0 in the automotive cluster of San Luis Potosi

Regina Leal Güemez¹ y Salvador T. Porras Duarte^{II}

Resumen

La Industria 4.0 ha permitido a las empresas implementar una combinación de operaciones físicas y utilización de tecnologías de información para poder desarrollar producciones flexibles, sistemas de logística eficientes, planeación de procesos y añadir valor a sus productos. A través de una investigación documental basada en un enfoque cualitativo de alcance descriptivo, el objetivo de este trabajo es presentar el ejemplo del clúster automotriz del estado de San Luis Potosí donde la estrategia de colaboración organizacional ha sido exitosa para el desarrollo del sector, así como mostrar el desempeño de tres empresas pioneras en la implementación de la Industria 4.0, Grupo BMW, Robert Bosch México y Cummins al interior del clúster automotriz. Estas empresas tienen la posibilidad de promover acuerdos de colaboración con los otros miembros del clúster permitiendo ligar sus flujos de información y facilitando la integración de conocimientos, diseño, producción y logística, favoreciendo el desarrollo de esta nueva industria en otras empresas.

Palabras clave: Industria 4.0, Clúster, Tecnología de la información.

Código JEL: L86, L60.

Abstract

Industry 4.0 has allowed companies to implement a combination of physical operations and the use of information technologies to develop flexible production, efficient logistics systems, process planning and add value to their products. Through a documentary research based on a qualitative approach of descriptive scope, the aim of this paper is to present the example of the automotive cluster of the state of San Luis Potosi, where the strategy of collaboration has been successful for the development of the sector, as well as to show the performance of three pioneering companies on the implementation of Industry 4.0: BMW Group, Robert Bosch Mexico and Cummins within the cluster. These companies have the possibility of promoting collaboration agreements with other members of the cluster, allowing them to link their information flows and facilitating the integration of knowledge, design production and logistics, favoring the development of this new industry to other companies.

Keywords: Industry 4.0, Clusters, Information technology.

JEL Code: L86, L60.

^I Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Administración por la Western Sydney University, Australia. Contacto: rlg@xanum.uam.mx  0000-0002-3360-5300.

^{II} Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Administración por la University of Technology Sydney(UTS), Australia Contacto: stp@xanum.uam.mx  0009-0004-5400-4274

INTRODUCCIÓN

Las condiciones en las que operan las empresas resultan cada vez más difíciles debido al medio ambiente globalizado que genera una competencia intensa en un mercado dinámico, con demandas rápidamente cambiantes, productos con ciclos de vida muy cortos y personalizados, por lo que las organizaciones tienen que ser muy ágiles, flexibles y eficientes para adaptarse al dinamismo que plantea la globalización. Como respuesta a esta situación el surgimiento de la Industria 4.0 ha permitido a las empresas implementar una combinación de operaciones físicas y utilización de tecnologías de información (TI) para lograr el desarrollo de producciones flexibles, sistemas de logística eficientes, planeación de procesos y añadir valor a sus productos. Sin embargo, la transición a esta nueva forma de producir implica a su vez un proceso de innovación donde es necesario invertir en tecnología, desarrollar nuevos conocimientos y competencias entre otros factores que generan cambios importantes en las organizaciones. Una alternativa para llevar a cabo esta implementación es promover una estrategia de colaboración entre actores ubicados en un clúster.

El objetivo de este trabajo es presentar el ejemplo del clúster automotriz de San Luis Potosí (SLP) a través del desempeño de tres empresas pioneras en la implementación de la Industria 4.0, Grupo BMW, Robert Bosch México y Cummins dado que la estrategia de colaboración ha sido exitosa para el desarrollo del sector.

SUSTENTO TEÓRICO

Los rápidos cambios en la tecnología, el ambiente de competencia, la globalización, los tiempos más cortos en los ciclos de vida de los productos o tecnologías provocan en las organizaciones, la necesidad de cooperación y colaboración (Lewicka y Zakrzewska-Bielawska, 2020). Uno de los factores más importantes para la colaboración es la confianza, la cual ayuda a evitar un comportamiento oportunista por parte de alguno de los participantes (Lewicka y Zakrzewska-Bielawska, 2020; Simon, 1947). Por ello, los participantes deben confiar en los otros participantes para reducir el riesgo, teniendo como base trabajar para un interés común, colectivo. No se trata de una confianza completa o ciega, pero se requiere de un mínimo nivel de confianza para que la organización pueda colaborar (Lewicka y Zakrzewska-Bielawska, 2020; Porras, Clegg y Crawford, 2004).

Dada la importancia de este tipo de estrategias, es posible encontrar en la literatura diversas formas de colaboración, por ejemplo, alianzas estratégicas (Harrigan, 1988), aventuras conjuntas (Harrigan, 1988), redes (Alter y Hage, 1993; Ebers, 1997; Ebers y Jarillo, 1997; Jarillo, 1988; Miles y Snow, 1986; Powell, 1991; Snow, Miles y Coleman, 1992; Thorelli, 1986), cooperativas (Cornforth et al., 1988) y clústeres (Porter, 1998).

En un influyente artículo, Porter (1998, p.78) considera que “Los clústeres son concentraciones geográficas de compañías e instituciones interconectadas en un determinado campo. Los clústeres abarcan una serie de industrias ligadas y otras entidades importantes para la competencia.”. A través del conjunto de empresas



interconectadas en una misma región es posible crear vínculos e interdependencias entre las cadenas de valor de estas, provocando a su vez la generación de conocimiento, desarrollando innovación, así como creando nuevos productos y procesos (Mayer, 2005; Porter, 1998; Roelandt y Hertog, 1999).

De igual manera, diversos estudios plantean la importancia de la colaboración entre las empresas de manufactura en el contexto del uso de TI y de la Industria 4.0. Por ejemplo, Brodeur, Pellerin y Deschamps (2022) proponen un modelo de colaboración para la transformación digital hacia la Industria 4.0 de las Pymes de manufactura. Moeuf et al. (2020) sugieren proyectos de colaboración que permitan una efectiva transición hacia la Industria 4.0 en empresas pequeñas y medianas, señalando la importancia de la capacitación y administración como parte fundamental de este proceso. Algunos autores resaltan la importancia de las relaciones de colaboración de TI para la administración de la cadena de abastecimiento, por ejemplo, se puede aprovechar la colaboración y el uso de TI se para vincular la cadena de integración y el desempeño a través de prácticas de colaboración como la mejora conjunta y la planeación de la información (Van der Vaart et al., 2012); la implementación de TI para el análisis de las capacidades mejora la colaboración de la cadena de demanda (Iyer, 2011; Hamzeh, Zhong y Xu, 2018); Camarinha-Matos, Afsarmanesh y Ollus (2019) analizan el papel de las redes de colaboración en la transformación digital de los negocios en su transición hacia la Industria 4.0, donde la implementación implica el uso de innovación tecnológica, nuevas formas de organización, mecanismos y procesos con una naturaleza colaborativa.

Por su parte, el concepto de Industria 4.0 surgió en Alemania en el año 2011. La Industria 4.0 representa la tendencia hacia la tecnología de automatización en el sector manufacturero al utilizar tres conceptos básicos de TI para la producción y automatización: la digitalización, las redes de comunicación y el análisis de datos (Hamzeh, Zhong y Xu, 2018). Se puede definir a la Industria 4.0 como un conjunto de mejoras vinculadas con los procesos, productos y servicios a través de la descentralización de la toma de decisiones basada en la adquisición en tiempo real, con el objetivo de crear fábricas inteligentes que respondan eficientemente los retos de los sistemas de manufactura actuales (Brodeur, Pellerin y Deschamps, 2022; Hamzeh, Zhong y Xu, 2018). El fundamento de la Industria 4.0 consiste en utilizar un conjunto de TI para combinar el mundo digital y el mundo físico. A partir de su surgimiento, se ha desarrollado muy rápidamente, ocasionando que las industrias cambien, por ejemplo, su forma de diseñar, producir, distribuir y relacionarse con clientes y proveedores (Młody y Weinert, 2020).

De acuerdo con las bases de la Industria 4.0 se tienen que considerar tres aspectos relacionados con la digitalización que permiten generar una cadena de valor más sensible (Alcácer y Cruz-Machado, 2019; Geissbauer, Vedsø y Schrauf, 2016): la completa digitalización de las operaciones de la organización que le permita la integración vertical de cada función a lo largo de toda la estructura, así como la



integración horizontal para poder establecer una relación directa con proveedores, socios y distribuidores de la cadena de valor, logrando la transferencia sencilla de datos entre ellos; el rediseño de productos y servicios donde se incorpore software de diseño personalizado para poder dar respuestas rápidas y establecer comunicación con el cliente, dando seguimiento a sus propias actividades y resultados a lo largo de la manufactura de sus productos y alrededor de ellos, y una mayor interacción con los clientes, de forma de integrarlos y considerarlos en nuevos procesos, en la elaboración de productos y en la oferta de servicios.

La interconexión de sistemas y procesos de producción inteligentes necesarios para llevar a cabo la implementación de la manufactura inteligente, ocasiona que las organizaciones tengan que realizar múltiples cambios en sus estrategias y en su planeación, así como invertir en nuevas tecnologías para su implementación en procesos, es decir, modificar su modelo de negocios y la cadena de valor de la producción (Brodeur, Pellerin y Deschamps, 2022; Hamzeh, Zhong y Xu, 2018). Como consecuencia, las organizaciones necesitan transformar sus prácticas y estructuras de forma efectiva y eficiente, para ello requieren nuevas formas de arquitectura de TI y administración de datos, nuevos enfoques normativos y fiscales, nuevas estructuras organizacionales y, sobre todo, una nueva orientación hacia una cultura digital que incluya la analítica de datos como el centro de la capacidad empresarial (Adamik y Nowicki, 2020; Geissbauer, Vedsø y Schrauf, 2016). También es importante promover nuevas habilidades en los empleados y administradores, para poder obtener los beneficios y ventajas competitivas asociadas con la Industria 4.0 (Adamik y Nowicki, 2020).

A cambio de ello las organizaciones obtienen beneficios significativos de esta transición, como son la reducción de costos de manufactura, el incremento en la agilidad de las operaciones, la mejora del servicio que se le ofrece al cliente, el desarrollo de un nuevo modelo de negocio y lograr una mayor innovación de productos (Hamzeh, Zhong y Xu, 2018). Sin embargo, las organizaciones tienen que considerar los retos y obstáculos de la implementación de la Industria 4.0, por ejemplo, la falta de cultura digital interna, el requisito de capacitación, la escasez de talento para implementar nuevos modelos de negocio que permitan obtener las ventajas relacionadas con las oportunidades digitales, la falta de fondos de inversión adicionales, así como disponibilidad de equipo y de software (Hamzeh, Zhong y Xu, 2018).

Debido a que la implementación de la manufactura inteligente es un proceso complejo y costoso no todos los sectores han decidido transitar hacia esta nueva forma de producción. Específicamente, la industria automotriz fue de las primeras en adoptar la Industria 4.0 para implementar un nuevo modelo de producción de automóviles que les permitiera automatizar sus procesos, optimizar la configuración de su línea de producción de tal forma de equilibrar el trabajo entre las diferentes estaciones de trabajo, controlar los estándares de calidad, gestionar la información requerida e incrementar la tasa de producción, entre otras características (Flores-Cedillo et al., 2019; Xu, Xu y Li, 2018).



En la siguiente sección se describirá el contexto del sector automotriz en SLP, México, y en particular, el desarrollo de esta industria que ha sido impulsado a través de la formación del clúster automotriz en el estado, donde tres empresas globales del clúster -BMW, Bosch y Cummins- ya han implementado la Industria 4.0 y obtenido ventajas de esta transición.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el objetivo del trabajo se realizó una investigación documental basada en un enfoque cualitativo con alcance descriptivo que permite identificar las características de las organizaciones que han adoptado la Industria 4.0. A través de una investigación descriptiva es posible obtener el perfil de aspectos relevantes de un fenómeno bajo estudio ya sea individuos, organizaciones o de perspectivas orientadas de la industria (Sileyew, 2019).

Con base en la información obtenida en el sitio web del Clúster automotriz de SLP, se construyó una base de datos para ordenar la información general de las empresas que forman parte del clúster, así como la experiencia que tenían en la implementación de tecnologías de la Industria 4.0. A partir de los datos recabados se encontró que el clúster está integrado por 86 organizaciones, de las que se seleccionaron como unidad de análisis tres grandes empresas globales que han sido pioneras en la investigación y adopción de la Industria 4.0: Grupo BMW, Robert Bosch México y Cummins.

Se analizó la información de las características demográficas de las empresas bajo estudio, las tecnologías de información utilizadas en la implementación de la Industria 4.0, la adopción de la industria 4.0 en diferentes áreas funcionales, los sistemas de información vinculados en la automatización de procesos, los beneficios que han tenido gracias a la implementación de estas tecnologías y el papel que desempeñan como parte del clúster automotriz en SLP.

Como fuentes de información se utilizaron literatura especializada sobre la Industria 4.0 así como las páginas web de las tres empresas seleccionadas, la página del Clúster automotriz de SLP y del Clúster Industria 4.0 en SLP. Las fuentes de información se analizaron de forma sistemática definiendo y filtrando la utilidad de la información relacionada con el estudio.

RESULTADOS

El sector automotriz en México ha crecido de forma acelerada desde 1990 convirtiéndose en una plataforma de exportación regional y un núcleo o Hub manufacturero (Álvarez, 2020). De acuerdo con la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz A.C. (AMIA, 2023), el sector representó en el año 2022 el 3.6% del PIB en México y está determinado por la fabricación de automóviles y camiones, fabricación de carrocería y remolques, fabricación de autopartes y fabricación de otros equipos de

transporte. En el país se han desarrollado plantas de producción de empresas internacionales manufactureras de vehículos ligeros, camiones y tracto camiones. Debido a su ubicación geográfica en el corredor de manufactura de Norteamérica que va desde el estado de Guanajuato, pasando por Querétaro, San Luis Potosí y Coahuila, aunado a los bajos costos de mano obra, el clúster en San Luis Potosí presenta particular relevancia (AMIA, 2023; Nava Aguirre et al., 2019).

Tanto, las plantas de fabricación de automóviles como, de autopartes se han concentrado en áreas geográficas del país a través de la formación de grupos de empresas que realizan actividades similares o relacionadas conformando clústeres industriales cuyo objetivo es impulsar el desarrollo y competitividad del sector automotriz (Álvarez, 2020; Porras y Leal, 2021). En los clústeres industriales automotrices participan empresas fabricantes de automóviles, empresas proveedoras de insumos y servicios, instituciones de educación superior e instituciones del gobierno local y federal (Álvarez, 2020). Entre los diversos clústeres industriales automotrices en el país se pueden señalar los establecidos en los estados de Nuevo León, Guanajuato, Aguascalientes, Morelos, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Coahuila, Chihuahua, Jalisco y San Luis Potosí (Álvarez, 2020; Porras y Leal, 2021).

Si bien desde 1950 se instalaron las primeras empresas de autopartes en el estado de SLP, el crecimiento de este sector ha sido paulatino, por ejemplo, en 1966 lo hace Bosch y en 1982 Cummins. Estos primeros pasos favorecieron la llegada de otras grandes empresas ensambladoras de autos ya que en 2008 se instaló General Motors y en 2019 BMW (Sánchez González, 2022).

El clúster automotriz de SLP se fundó en 2015 con un esquema triple hélice donde participan el sector público, la industria y la academia. Actualmente, el clúster está conformado por un total de 86 empresas incluyendo BMW Group, Bosch, Cummins y General Motors, además de 14 empresas Tier¹ y 16 pertenecientes a Tier 2, 14 instituciones de educación de nivel medio y superior (CASLP, 2022; Sánchez González, 2022). El objetivo del clúster de SLP es contribuir al desarrollo del sector, impulsar a los proveedores Tier 2 y Tier 3 buscando apoyos para que puedan formar parte de la cadena de suministros, cubrir la demanda de los materiales y sistematizando los procesos de acuerdo con la utilización de la Industria 4.0 (Flores-Cedillo et al., 2019). El clúster ha ido desarrollándose desde su instalación y a partir de mayo de 2019 se incorporó a la Red de Clústeres Automotrices de México (REDCAM, 2023). Su ubicación geográfica en la ruta hacia el norte del país, su amplia conectividad que favorece el acceso a mercados y materias primas, la oferta de mano de obra calificada, la manufactura de autopartes especializada y diversificada, así como el incremento de inversión privada, ha impulsado

¹ Los conceptos de Tier 1, Tier 2 y Tier 3 tienen que ver con las cadenas de producción, siendo las Tier 1 las más cercanas a las grandes empresas, son los proveedores directos.



que el clúster tenga cada vez más una mayor importancia en el sector automotriz del país (Cruz y Aguilar, 2015).

En el estado, el sector automotriz contribuye económicamente de forma importante ya que de acuerdo con Sedeco, sus 228 empresas generan más de 61,000 empleos y contribuyen al 46.5% de la producción bruta total de la industria manufacturera. El subsector de autopartes es el primer generador de empleos con 56,000 en sus 102 plantas (2022). Las diferentes empresas del clúster forman parte de la cadena productiva de esta industria, fabricando autopartes sencillas y especializadas que se envían directamente al armado y ensamblado del vehículo (Sánchez González, 2022).

Entre los 86 miembros del clúster automotriz de SLP se encuentran tres empresas pioneras en la implementación de la Industria 4.0: BMW, S.L.P., Robert Bosch México y Cummins que son el objeto de esta investigación. Como parte de la industria automotriz, el grupo BMW fue de los primeros en la implementación de nuevas tecnologías a través de la Industria 4.0. El grupo inició formalmente operaciones en la planta instalada en SLP en junio de 2019 produciendo el BMW Serie 3. Actualmente produce los modelos BMW Serie 3, la segunda generación del BMW Serie 2 Coupé y el auto deportivo M2 (BMW, 2022a). De acuerdo con datos del grupo, en la planta se han invertido más de 1,000 millones de dólares donde laboran 3,500 empleados; produce más de 500 vehículos al día y tiene capacidad de producir hasta 175,000 vehículos por año (BMW, 2022a).

La planta tiene un diseño flexible que le permite incrementar su capacidad de acuerdo con las necesidades del mercado exportando sus autos a 36 países (BMW, 2022a). La empresa tiene 17 proveedores en el mismo parque industrial donde se ubica y de las más de 200 empresas proveedoras de la planta el 50% se localizan en México (Sánchez González, 2022).

Por su parte, la empresa Robert Bosch se estableció en 1966 en San Luis Potosí, dedicada a la manufactura de tecnología automotriz a través de la producción de tecnología de trenes motrices y sistemas de control de chasis para la movilidad (Bosch, 2023b).

De igual forma, Cummins tiene instaladas en San Luis Potosí tres plantas de producción: Cummins Motores, Cummins Filtración y Cummins Power Systems; además cuenta con un centro de distribución, un centro logístico, un área de oficinas (Cummins ABO Latinoamérica) y un Centro de Investigación y Desarrollo, que en conjunto emplean cerca de 4,000 trabajadores (Oropeza, 2022). Específicamente Cummins Filtration produce por lo menos el 50% de filtros a nivel mundial en la planta ubicada en el clúster de SLP (Motor a diésel, 2023).

Los tres grupos empresariales fueron de los primeros en invertir y desarrollar la industria 4.0 en el sector automotriz en México. En el caso del grupo BMW, empezó a utilizar exoesqueletos para los empleados en las líneas de montaje, cámaras 3D para poder detectar mínimas imperfecciones en los automóviles, fundas para dedos que se utilizan para insertar remaches y otras piezas, entre otras (Blog de BMW, 2022).

Actualmente en la planta de BMW de San Luis Potosí el 90% del proceso de producción está automatizado a través de la utilización de 700 robots, del empleo de dispositivos móviles, pantallas táctiles, manufactura asistida por computadora, proglove y ordinary scanners, red láser, impresión 3D, sistemas de transportes autónomos en el interior y exterior de la planta para el traslado de piezas identificadas por radiofrecuencia a las diferentes líneas de producción (BMW, 2022a; Blog de BMW, 2022; Sánchez González, 2022). Los procesos están digitalizados, se basan en el concepto de Total Integrated Automation a través de diferentes sistemas de información como el software de Manufacturing Operation Management (MOM), la aplicación de Smart Maintenance Assistant para la planeación del mantenimiento del equipo y el programa de Cadena de Suministro Conectada que se utiliza para poder visibilizar toda la cadena actualizando a los controladores de materiales de las plantas y a los especialistas en logística sobre la localización del material y el tiempo de entrega cada 15 minutos. A través de dispositivos móviles el personal puede controlar los procesos logísticos y emplear aplicaciones de realidad virtual para planificar la logística, también se emplea la inteligencia artificial y realidad aumentada para la inspección y procesos de calidad (Blog de BMW, 2022; BMW, 2022a; Sánchez González, 2022).

A lo largo de todo el proceso de producción se han adoptado diversas tecnologías que les han permitido un trabajo planeado, más eficiente, personalizado y controlado. El proceso se puede resumir en 4 etapas (BMW, 2022b; Sánchez González, 2022): solicitud personalizada del vehículo con materiales de alta tecnología; carrocería de acabado preciso²; pintura³; y montaje individual y precisión⁴.

Otro elemento importante del grupo BMW es su papel en el área educativa en el Estado de SLP, ya que desde 2015 inició el “Programa de Capacitación Vocacional Dual”, donde se capacita a estudiantes de carreras técnicas como Mecatrónica, Producción y Mecánica automotriz, para que desarrollen sus habilidades técnicas directamente en la planta y posteriormente se puedan incorporar a la plantilla laboral de BMW (Hernández, 2021; López, 2019). A partir de 2019 el grupo BMW en SLP también empezó a ofrecer a sus asociados con nivel técnico superior universitario el programa “ProLea: Meister en Mecatrónica Industrial” basado en la certificación Meister de la Cámara de Comercio e Industria de Múnich y Alto Bavaria (IHK-Manchen) con el objetivo de favorecer el

2 El proceso se lleva a cabo a través de la máxima automatización (hasta el 95%), utilizando los robots que se conocen como brazos robóticos para llevar a cabo todo el trabajo con una precisión máxima.

3 Área altamente automatizada con 72 robots y 650 trabajadores.

4 En esta etapa está involucrada el área de logística que recibe todas las piezas de los proveedores y se almacenan para ser enviadas a sus correspondientes líneas de producción para su colocación. De igual forma el proceso está automatizado hasta utilizar robots colaborativos que cargan los motores.



crecimiento y mejorar el conocimiento técnico y de gestión del personal de la empresa (BMW, 2023).⁵

De igual forma la empresa alemana Bosch ha sido pionera en la Industria 4.0 no solo a través de su adopción e implementación sino también como proveedor de soluciones propias al mercado. Para el grupo la Industria 4.0 está basada en la mecanización, electrificación, digitalización y conectividad, lo que permite implementar la solicitud personal de cada cliente con una asignación óptima de recursos (Cluster Industrial, 2021).

En la planta de Bosch SLP se han incorporado aplicaciones de la Industria 4.0 para la manufactura, movilidad e inteligencia artificial, así como en proyectos de energía (Bosch, 2023b). Se ha implementado el sistema de ejecución de fabricación (MES por sus siglas en inglés) el cual permite recopilar datos automáticamente para posteriormente compartirlos a la línea de producción en tiempo real, permitiendo la gestión del mantenimiento preventivo de la máquina y obteniendo mejores estándares de calidad; además este sistema se conecta digitalmente a la planta red de fabricación global del Grupo Bosch (Bosch, 2023c). La empresa combina la utilización de software inteligente para controlar la producción, la monitorización y la planificación de la logística en una plataforma para la fabricación (Bosch, 2023a). La información de la producción a su vez se conecta con una base de datos más grande para su análisis mediante inteligencia artificial, enfocado a simplificar tareas y detectar fallas (Bosch, 2023a).

Así mismo, el grupo ha desarrollado el software Nexeed para la Industria 4.0 el cual se utiliza no solo en las plantas de Bosch sino en otras líneas de producción de más de 100 clientes internacionales, software que funciona como una interface que permite la comunicación entre máquinas para estandarizar el acceso a dispositivos y sistemas permitiendo el intercambio de datos independientemente del fabricante (Bosch, 2023a)⁶.

En el caso de Cummins Filtration, se han implementado tecnologías de la Industria 4.0 en todas las áreas a través de la creación de un área específica de Ingeniería 4.0 (Motor a diésel, 2023). Se han automatizado diversas líneas de producción empleando cobots para realizar tareas no seguras o repetitivas con lo cual se eliminan errores, se mejora la calidad, aumenta la productividad, la eficiencia del equipo y se evita poner en riesgo de lesiones ergonómicas a los empleados (Cummins, 2023; Motor a diésel, 2023). También se emplea el uso de telemetría dentro de la planta y para los usuarios finales, de forma que, por medio de sensores en los filtros, el cliente puede monitorear sus unidades y mejorar la eficiencia en sus costos de mantenimiento al determinar la vida

⁵ En México el programa es desarrollado por el Grupo BMW y la Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria (CAMEXA).

⁶ Así mismo, existe un centro de ingeniería que emplea a 135 ingenieros especialistas en desarrollo y un centro de capacitación técnica para la formación de técnicos de programa de educación dual (Bosch, 2023b).

útil de sus filtros (Motor a diésel, 2023). Se ha instalado un sistema para consultar en tiempo real la ubicación de sus productos en cada paso de la cadena asegurando su disponibilidad, agilizando la operación y proporcionando un mejor servicio al cliente. El sistema también permite que su red de distribuidores independientes que incluye más de 60 empresas, tenga comunicación directa con la fábrica (Motor a diésel, 2023)⁷.

Para el grupo BMW la inversión e implementación de la industria ha generado diversos beneficios, como, por ejemplo, incremento en su producción, mejora de su eficiencia, ahorros de entre el 15 y 20% en costos de producción y operación de líneas de producción altamente flexibles (Durán, 2020; González, 2018). De igual forma la empresa Bosch a través de la transición a la Industria 4.0 ha aumentado su productividad hasta 25%, incrementado sus ventas desde 2011, aumento en la disponibilidad de máquinas hasta un 15%, reducción de costos de mantenimiento en un 25% y la fabricación de productos personalizados en lotes incluso unitarios de forma económica (Bosch, 2023a; Bosch, 2022; Molina, 2020). Es decir, al utilizar la conectividad y la automatización la empresa Cummins ha mejorado los tiempos y costos de producción, evita errores y tiene un mejor control de calidad (Motor a diésel, 2023).

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Al presentar el ejemplo del clúster automotriz en SLP se puede observar cómo la estrategia de colaboración de un conjunto de organizaciones establecidas en una misma región permite desarrollar exitosamente una industria e implementar la Industria 4.0, obteniendo con ello múltiples beneficios.

Los resultados muestran que, las empresas que han transitado hacia la Industria 4.0 están utilizando diversas tecnologías de información conectando dispositivos físicos en sus plantas, instalando sistemas que producen información desde los dispositivos físicos y empleando sistemas de información en toda la empresa, es decir, a través de la digitalización, las redes de comunicación y el análisis de datos han creado fábricas inteligentes, las cuales son tecnológicamente flexibles, inteligentemente conectadas, ecológicamente sostenibles y económicamente exitosas.

Así mismo la interconexión de las máquinas en las plantas permite el control total de la planta a través del uso de diferentes sistemas de información, la comunicación al interior de la misma para su correcto funcionamiento y la comunicación al exterior para coordinar actividades con otras áreas de la organización, con proveedores y clientes. La creciente comunicación que estas tecnologías genera entre los diferentes actores que intervienen en cada una de las organizaciones, favorece a su vez la interacción de estas innovaciones tecnológicas con todas aquellas organizaciones con las que tienen relación

⁷ En 2017 la empresa inauguró un centro de investigación y desarrollo junto a la planta que ya tenía (Cummins, 2017).

comercial, promoviendo una estrategia de colaboración entre todos los miembros del clúster.

Los tres ejemplos -BMW Goup, Bosh y Cummins- representan empresas que han logrado a través del desarrollo de fábricas inteligentes una completa integración vertical y horizontal, el rediseño de productos y servicios personalizado, así como una mayor interacción con los clientes. A través de la adopción de la Industria 4.0, las empresas han obtenido mejoras en procesos, productos y servicios, tomando decisiones descentralizadas, en tiempo real y logrando procesos más eficientes, reducción de costos de manufactura, incremento en la flexibilidad de producción, incremento de utilidades, mejor servicio al cliente e innovación de productos, ente otros beneficios.

Las organizaciones que forman parte del clúster automotriz de SLP están integradas en redes donde participan diferentes actores, tales como proveedores, productores, centros de investigación, organizaciones gubernamentales e instituciones de educación media y superior que llevan a cabo interacciones entre ellas. Como parte del clúster, las actividades de cooperación y coordinación entre los participantes del mismo podrían incluir el poder compartir información, llevar a cabo de forma conjunta una planeación, la administración de la demanda, la administración del inventario y compartir metas y objetivos. Al estar ubicados en una misma zona geográfica se favorece la colaboración en la cadena de suministros para cubrir la demanda de los materiales y sistematizar los procesos de acuerdo a la utilización de la Industria 4.0.

Las empresas globales que utilizan la Industria 4.0, como las analizadas en el presente trabajo, tienen la posibilidad de ofrecer excelentes condiciones para promover acuerdos de colaboración relacionados con los procesos de innovación, con proveedores, socios que les permitan ligar sus flujos de información de tal forma de facilitar la integración de conocimientos, diseño, producción y logística, favoreciendo el desarrollo de esta nueva industria a otras empresas del clúster automotriz de SLP.

Otro elemento necesario en la implementación de la Industria 4.0 además de la inversión en tecnología, radica en la capacitación del personal que pueda emplear y trabajar en este medio ambiente. En los programas duales promovidos por BMW y Bosch se trabaja en la formación de personal especializado en el área automotriz, capacitando a los trabajadores del clúster con conocimientos y habilidades necesarios para la Industria 4.0. Así mismo, el centro de investigación y desarrollo de Cummins promueve no solo la capacitación de sus empleados sino también la vinculación para el fomento de un campo experimental en SLP con otras organizaciones del clúster automotriz. 

REFERENCIAS

- Adamikn, A., & Nowicki, M. (2020). Barriers of creating competitive advantage in the age of Industry 4.0: Conclusions from international experience. En A. Zakrzewska-Bielawska & I. Staniec (Eds.), *Contemporary challenges in cooperation and coopetition in the age of Industry 4.0. 10th Conference on Management of Organizations' Development (MOD)* (pp. 3-42). Springer.
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
- Alter, C., & Hage, J. (1993). *Organizations working together*. SAGE Publications.
- Álvarez, M. L. (2020). Industria 4.0 y participación de organismos intermedios en el sector automotriz en México. En A. Martínez, M. L. Álvarez, & A. García (Coords.), *Industria 4.0 en México: elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas* (pp. 101-116). Plaza y Valdés.
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz A.C. (AMIA). (2023). Recuperado el 20 de septiembre de 2023 de <http://www.amia.com.mx>
- Blog de BMW. (2022). Así es como BMW utiliza la tecnología de la Industria 4.0 en la logística. *Blog de BMW*. Recuperado el 5 de noviembre de 2022 de <https://blogdebmw.com/asi-es-como-bmw-utiliza-la-tecnologia-de-la-industria-4-0-en-la-logistica/>
- BMW. (2022a). *BMW Group. Planta San Luis Potosí*. Recuperado el 3 de diciembre de 2022 de <https://www.bmwgroup-werke.com/san-luis-potosi/es.html>
- BMW. (2022b). *BMW Group*. Recuperado el 5 de noviembre de 2022 de <https://www.bmwgroup-werke.com/en/produktion/vehicle-production.html>
- BMW. (2023). *BMW Group. Planta San Luis Potosí*. Recuperado el 18 de agosto de 2023 de <https://www.bmwgroup-werke.com/san-luis-potosi/es/noticias/pressreleases/2020/5-anos-impulsando-la-educacion-y-talento-en-mexico.html>
- Bosch. (2022). *Reporte Bosch México 2021*. Bosch. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.bosch-comunicacioninterna.com.mx/2022/#page/4>
- Bosch. (2023a). Diez años de Industria 4.0: Las ventas de Bosch alcanzan los cuatro mil millones de euros. *Grupo Bosch*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.grupo-bosch.es/noticias-e-historias/diez-anos-de-industria-4-0-las-ventas-de-bosch-alcanzan-los-cuatro-mil-millones-de-euros/>
- Bosch. (2023b). Bosch cumple 25 años de actividad en San Luis Potosí. *Grupo Bosch*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.bosch.com.mx/noticias-e-historias/bosch-cumple-25-anos-de-actividad-en-san-luis-potosi/bosch-cumple-25-anos-de-actividad-en-san-luis-potosi/>



- Bosch. (2023c). Centro de manufactura en México: Bosch construirá una fábrica inteligente para componentes electrónicos. *Grupo Bosch*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.bosch.com.mx/noticias-e-historias/centro-de-manufactura-en-mexico-bosch-construira-una-fabrica-inteligente-para-componentes-electronicos/>
- Brodeur, J., Pellerin, R., & Deschamps, I. (2022). Collaborative approach to digital transformation (CADT) model for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(1), 61-83. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0495>
- Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., & Ollus, M. (2008). ECOLEAD and CNO based concepts. En L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, & M. Ollus (Eds.), *Methods and tools for collaborative networked organizations* (pp. 3-36). Springer Science + Business Media. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79424-2_1
- CASLP. (2022). *Clúster automotriz San Luis Potosí*. Recuperado el 8 de julio de 2022 de <https://www.clusterautomotrizslp.com/comites>
- Cluster Industrial. (2021, 27 de agosto). Bosch muestra las mejores prácticas y errores más comunes al adoptar la Industria 4.0. *Cluster Industrial*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/3869/bosch-muestra-las-mejores-practicas-y-errores-mas-comunes-al-adoptar-la-industria-4-0>
- Cornforth, C., Thomas, A., Lewis, J., & Spear, R. (1988). *Developing successful worker co-operatives*. Sage.
- Cruz, L., y Aguilar, P. (2015). Encadenamiento productivo, estado actual del clúster automotriz en la región de San Luis Potosí. *Inquietud Empresarial*, 15(2), 37-64.
- Cummins. (2017). Cummins Inc. inaugura un centro de investigación y desarrollo en San Luis Potosí. *Cummins*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.cummins.com/es/news/releases/2017/08/21/cummins-inc-opens-san-luis-potosi-research-and-development-center>
- Cummins. (2023). Robótica colaborativa: Liderando el camino en la Industria 4.0. *Cummins*. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.cummins.com/es/news/2019/11/13/collaborative-robotics-leading-way-industry-40>
- Durán, I. (2020, 28 de febrero). BMW innova con tecnología 4.0 en su línea de producción. *T21*. Recuperado el 18 de enero de 2023 de <https://t21.com.mx/automotriz/2020/02/28/bmw-innova-tecnologia-40-su-linea-produccion>



Como citar:

Leal Güemez, R., y Porras Duarte, S. T., (2024), Colaboración en la industria 4.0 en el clúster automotriz de San Luis Potosí. *Administración y Organizaciones*, 27 (Especial).

<https://doi.org/10.24275/PFOE4693>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.



Herramientas cibernéticas para la sustentabilidad y la democracia. La construcción del Simulador de Escenarios Socioambientales (SESA) para la subcuenca Santiago-Guadalajara

The Socio-Environmental Scenario Simulator (SESS): a cyber tool for democracy and sustainability. Phase I. Characterization of the problem and development of the digital model

Salvador Peniche Camps^I, Charles Hall^{II}, Luis Fernando González Guevara^{III} y Joel García Galván^{IV}

Resumen

El artículo que se presenta aborda la primera etapa de un caso de investigación aplicada. Nos hemos propuesto elaborar un modelo computacional para comprobar la hipótesis de que con el acceso masivo de información sobre la realidad de la situación socio ambiental es posible impulsar la democratización de las decisiones en materia de política pública hacia la sustentabilidad. En el material que presentamos, nos planteamos el objetivo preliminar de describir sus fundamentos teórico metodológicos a través del método analítico. Los resultados obtenidos nos permiten concluir que la construcción del modelo de manejo de grandes datos puede constituirse como una herramienta útil para fortalecer la conciencia ciudadana, la formación universitaria, la elaboración democrática de políticas socio ambientales por parte de las comunidades y para la obtención de información estratégica para el sector empresarial.

Palabras clave: Contaminación, Conciencia, Equidad, Efectos distributivos
Código JEL: D63, H23

Abstract

The essay addresses the first stage of an applied research case. We have proposed to develop a computational model to test the hypothesis that with massive access to information about the reality of the socio-environmental situation it is possible to promote the democratization of public policy decisions towards sustainability. In the material we present, we set out the preliminary objective of describing its theoretical-methodological foundations through the analytical method. The results obtained allow us to conclude that the construction of the big data management model can be constituted as a useful tool to strengthen citizen awareness, university training, the democratic development of socio-environmental policies by communities and to obtain information. strategic for the business sector.

Keywords: Pollution, awareness, equity, distributive effects
JEL Code: D63, H23

^IUniversidad de Guadalajara / CUCEA, Jalisco, México. Profesor-Investigador. Doctor por El Colegio de Michoacán en Economía ecológica. Contacto: speniche@cucea.udg.mx  0000-0001-8490-4178

^{II}SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, EE.UU. Profesor-Investigador en Ciencias Ambientales. PhD University of North Carolina. Contacto: chall@esf.edu  0000-0003-4894-3246

^{III}Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Profesor-Investigador. Director de Asesoría Ambiental del Pacífico SC. Doctor en Ciencias del Desarrollo Sustentable y Turismo. Contacto: luis.guevara@academicos.udg.mx  0000-0003-0501-4842

^{IV}Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Profesor-Investigador. Candidato a Doctor en Ciencias para el Desarrollo Sustentable. Contacto: joel.garcia@cucea.udg.mx  0000-0002-8928-3515

INTRODUCCIÓN

El objetivo de investigación del presente artículo es caracterizar el deseable papel de los cibermodelos en la estrategia hacia la sostenibilidad. Sostenemos que es a través de la construcción de la democracia informativa, el acceso y la posibilidad de un manejo robusto de datos científicos, mostrando al público la información de manera simple y clara, que se puede aspirar a la maduración de una conciencia ciudadana que conduzca a la presión social, identificando las fuentes de contaminantes y los cambios que generan. Además, dichos modelos correctamente elaborados pueden potenciar la crítica y el análisis del modelo actual de gobernanza y, a partir de ello, posibilitar la construcción de instituciones y estrategias económicas que promuevan la sostenibilidad. Creemos que la era digital presenta una oportunidad sin precedentes para avanzar en este sentido debido a su capacidad para gestionar y mostrar gran cantidad de información que, de otro modo, podrían ofuscar y abrumar la comprensión de los ciudadanos. En consecuencia, presentamos aquí la fase uno de la construcción del Simulador de Escenarios Socioambientales (SESA).

El trabajo comienza con un encuadre teórico conceptual y los antecedentes del ejercicio, seguido de la explicación metodológica del modelo. Continuamos con la determinación del modelo para la subcuenca Santiago Guadalajara, ubicada en el estado de Jalisco, México y finalizamos con algunas reflexiones sobre los alcances del modelo, a modo de conclusión.

ANTECEDENTES Y ENFOQUE TEÓRICO CONCEPTUAL

En un estudio de caso independiente, Charles Hall (1989) desempeñó un papel fundamental como modelador en un proceso fascinante e innovador para lograr una resolución entre numerosos intereses en competencia en la gestión de represas en las regiones del río Flathead en el oeste de Montana en Estados Unidos. Una de las dos represas principales estaba a punto de ser recertificada y la ley federal exigía una revisión exhaustiva de su funcionamiento antes de la recertificación. Esta presa, construida durante la Segunda Guerra Mundial en tierras tribales pertenecientes a las tribus confederadas Salish y Kootenai, fue erigida por el gobierno de los Estados Unidos con el propósito de generar electricidad para la fabricación de aluminio destinado a la producción de aeronaves. En la década de 1970, era ampliamente reconocido que estas tierras habían sido arrebatadas ilegalmente a los nativos americanos, y se lamentaba el lento progreso en su devolución a las tribus correspondientes. Sin embargo, en ese momento, la presa era considerada "propiedad" y estaba bajo la operación de una entidad privada: la Montana Power Company.

Un total aproximado de 30 grupos diferentes mostraban un marcado interés en la operación de esta presa y de otra presa crucial ubicada río arriba (la presa *Hungry Horse*), dado que sus actividades tenían un impacto considerable en el flujo del río y en los niveles de los lagos del sistema. Las operaciones de las represas frecuentemente influían en importantes aspectos económicos y ambientales. Como se mencionó previamente,

mediante la aplicación de la metodología desarrollada por Charles Hall, se logró alcanzar un acuerdo, determinando la operación de la presa a través de la votación de los actores locales según sus prioridades: niveles de agua o caudales del río en diferentes períodos del año.

Charles Hall desarrolló un modelo hidrológico regional que permitía la regulación de los caudales de las presas de manera mensual. Estas liberaciones tendrían un impacto directo en el nivel del lago Flathead ubicado entre las presas. El modelo se superpuso a los caudales promedio, entre otros datos, de los diez ríos que atraviesan el sistema, y posteriormente diferentes grupos definieron sus propios caudales deseados o niveles de agua. Para validar el modelo, se compararon sus resultados con datos empíricos obtenidos en varios puntos del sistema.

Los resultados iniciales revelaron una situación intrigante: las operaciones deseadas por muchos de los grupos interesados en la presa no eran factibles desde el punto de vista físico. Por ejemplo, el nivel de agua ideal para favorecer la mayor cantidad posible de aves acuáticas podría provocar un desbordamiento sobre la presa, lo que tendría repercusiones negativas en la vida silvestre. Las iteraciones posteriores del proceso condujeron a solicitudes más realistas, que se integraron gradualmente en un régimen de gestión. Aunque este régimen no satisfizo por completo a todas las partes interesadas, logró equilibrar adecuadamente los intereses de todos los involucrados, otorgándoles un peso igualitario. Todos los participantes afirmaron que sus intereses habían sido representados de manera razonable.

La complejidad inherente a la mayoría de los asuntos políticos y de gestión engendra una amplia gama de opiniones, a menudo intensas, que cubren una multitud de cuestiones, ya sea directa o tangencialmente relacionadas con el enfoque central en cuestión. En los últimos tiempos, varios grupos de interés han generado conjuntos de datos, ya sean veraces o ficticios, en un intento de influir en las decisiones políticas. Los encargados de adoptar decisiones a distintos niveles se enfrentan a la urgente necesidad de equilibrar las diversas facciones afectadas por esas decisiones, al tiempo que intentan negociar y, en ocasiones, calmar las tensiones.

En su mayor parte, los temas controvertidos se ventilan en reuniones públicas y, cada vez más, en la blogósfera, donde las opiniones extremas tienden a alienar aún más a los diferentes actores. Como regla, estos problemas no se reducen a situaciones "en blanco y negro", sino que implican compensaciones, en las que la resolución de un problema implica inevitablemente la renuncia a otros aspectos, que pueden o no ser considerados deseables por los proponentes de una solución particular.

La resolución de estos temas suele llevarse a cabo en instancias judiciales o mediante procesos electorales, en los que la aplicación de buena ciencia o un enfoque matizado es una rareza. En ocasiones, las decisiones resultantes pueden ser biofísicas o económicas, e incluso contrarias a las perspectivas que se creían favorecidas. En general, los "perdedores" en la negociación suelen experimentar resentimiento y es frecuente que busquen venganza en elecciones o asuntos futuros.

Ciertamente, el reto de un modelo de gestión consiste en aportar elementos que nos permitan comprender todas las posibles consecuencias de una decisión, ya que estas pueden ejercer una influencia significativa en lo que cada individuo o comunidad busca y puede lograr.

Por otra parte, la información científica debería, en teoría, disminuir las diferencias en los escenarios presentados o las interpretaciones de los problemas. De hecho, dado que gran parte de la ciencia no es obvia ni siquiera para una población educada, en realidad puede oscurecer u ofuscar la definición clara de los temas en cuestión. En este sentido, diversos informes de organismos internacionales señalan el imperativo del acceso a la información. Tal es el caso del informe de evaluación regional sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos para las Américas, elaborado por la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, 2018. El documento señala que entre sus principales objetivos está mejorar la gobernanza hacia los usos sostenibles de la biodiversidad, los servicios y funciones de los ecosistemas, mejorando la interfaz ciencia-política. El objetivo es hacer que el conocimiento relevante para las políticas sea accesible y útil. El esquema también debe incorporar procesos de legitimación social a la hora de seleccionar aquellas variables (inputs) de mayor interés y preocupación legítima de los diferentes actores involucrados en el uso y utilización de bienes y servicios ecosistémicos (Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos [IPBES],(2018).

Cada uno de los autores de este artículo, como científicos ambientales, ha estado involucrado en una serie de iniciativas públicas, a veces controvertidas, en nuestra vida profesional. A partir de nuestra experiencia colectiva, hemos identificado las siguientes características como elementos esenciales para asegurar el éxito de un proyecto de intervención e incidencia democrática para la sustentabilidad:

- a) Debe tener coherencia lógica, es decir, que mantenga su integridad y robustez ante la crítica científica;
- b) No debe requerir conocimientos particularmente sofisticados de ciencia, gráficos o economía;
- c) Debe ser transparente para todas las partes interesadas, dando acceso igualitario a la información científica y a reflexiones certificadas sobre sus alcances y límites;
- d) Debe ser fácil de entender, aportando elementos para el análisis tanto estático como dinámico;
- e) Debe priorizar la representación de la perspectiva de las partes interesadas por encima de visiones “dominantes”;
- f) Debe proporcionar la perspectiva cuantitativa de manera directa y sencilla, incorporando mecanismos de evaluación de los procesos de diseminación de la información;

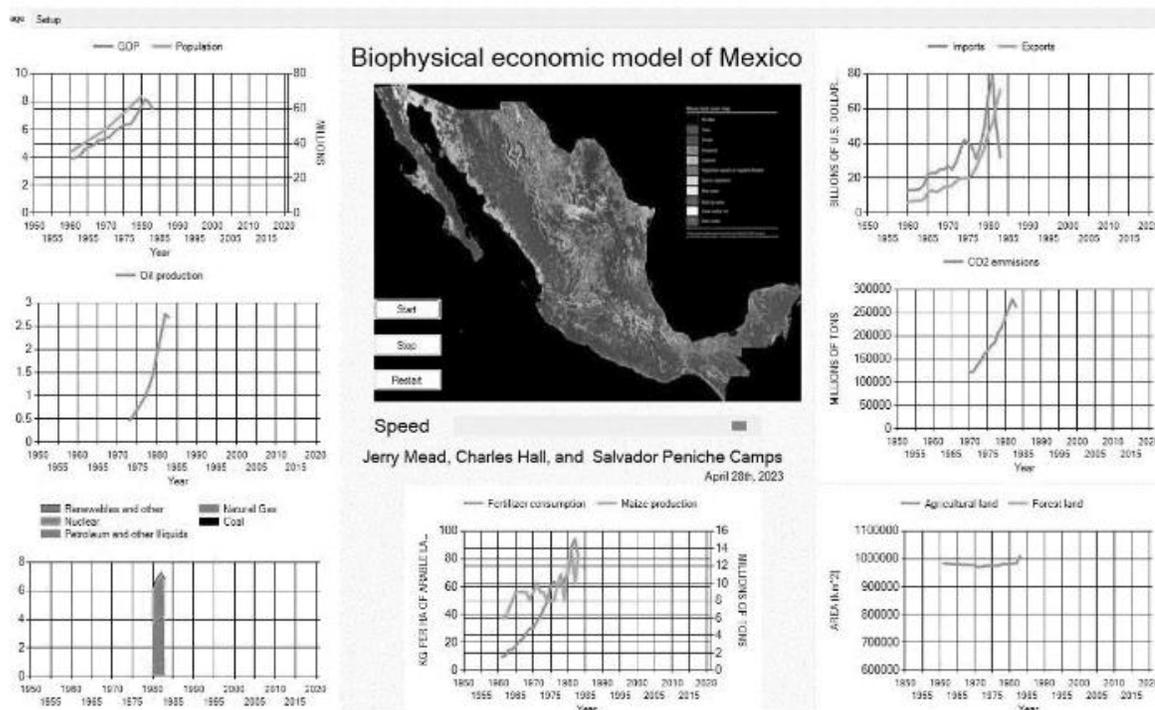
- g) Debe ser "verificable", es decir, los afectados por el modelo o las decisiones deben poder confiar en que las evaluaciones representen con exactitud e intuitivamente los intereses que reclaman, es decir, deben parecer (y ser) válidas para todas las partes interesadas. Además, debe satisfacer a los científicos y a los responsables de la toma de decisiones.
- h) Debe ser flexible en su diseño, para que pueda representar diferentes escenarios futuros incorporando o modificando variables.

La identificación inicial que las personas suelen establecer con un problema se logra, en gran medida, a través de mapas, pues constituyen una herramienta fundamental para comprender la realidad de una región. Muchas personas tienen un conocimiento innato de los mapas de su propia zona, y quienes no lo poseen suelen aprender rápidamente. La evolución hacia mapas dinámicos, donde la información varía con el tiempo, supone un avance significativo en la capacidad de comprender la realidad objetiva a través de la abstracción científica.

De manera similar, la forma más accesible y, a menudo, impactante de presentar datos cuantitativos básicos es a través de gráficos X-Y simples, que representan información cuantitativa a lo largo del tiempo.

Hall et al. (2000), desarrollaron una fusión de estos dos enfoques de visualización fundamentales para ilustrar los cambios demográficos, agronómicos, económicos y ambientales en Costa Rica y México. La figura 1 muestra una instantánea del modelo de México. En esta representación visual, la imagen central destaca el uso de la tierra más relevante para el país (bosques originales no perturbados versus tierras deforestadas), que evoluciona a lo largo de las décadas a medida que la tierra se clarea para asentamientos humanos, agricultura y, especialmente, tierras de pasto. Alrededor de esta imagen central, se muestran de 7 a 10 pequeños gráficos X-Y, que detallan información demográfica y parámetros económicos y ambientales, todos fluctuando durante el mismo período de tiempo que la imagen central.

FIGURA 1. DESPLIEGUE DEL SIMULADOR DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN MÉXICO



Fuente: Elaboración propia

Joudonnais et al (1990) desarrollaron en investigaciones anteriores estrategias para abordar disputas en la gestión del agua, utilizando un modelo hidrológico informático junto con un solucionador de problemas profesional y un procedimiento de votación justo. En este último caso, todas las partes interesadas reciben cantidades iguales de "fichas" para expresar sus preferencias sobre la asignación del recurso hídrico disponible. El plan de gestión final, una vez corregido por la realidad física de las solicitudes, se optimizó para satisfacer el mayor número de preferencias expresadas con las fichas. Este enfoque ha democratizado considerablemente la resolución de conflictos en la gestión del agua, involucrando aproximadamente a 30 grupos de partes interesadas diferentes.

En esencia, proponemos la integración de estos métodos en una herramienta de exploración y toma de decisiones, con el objetivo de generar un enfoque democrático y fácilmente comprensible para todos los tomadores de decisiones en una cuenca altamente disputada en México.

El fundamento teórico de la estrategia descrita lo encontramos en las obras de Ostrom (2000) y Daly y Farley (2010), quienes, desde perspectivas ideológicas distintas, coinciden en la importancia tanto de la democratización de la información, como de la determinación de las visiones locales para la obtención de escenarios más sustentables. Para ambos autores, el concepto de compensación es central.

Ostrom (2000) define a la acción colectiva como el camino, por excelencia para construir condiciones de sustentabilidad. Esto es, una vez que la práctica evidencia, por un lado, la incapacidad de los gobiernos para actuar de manera eficiente y, por el otro, la imposibilidad de los actores particulares para asumir responsabilidades sociales, surge el imperativo de la agencia ciudadana en la construcción de alternativas eficaces de gobernanza ambiental.

Por su parte, Daly y Farley (2010), consideran que, en el camino hacia la solución de los problemas socioambientales, el proceso de comunicación de la realidad y de su apropiación por parte de la comunidad es un elemento fundamental, frecuentemente desestimado por el modelo dominante de gobernanza y la estrategia de comunicación social y política.

Es pertinente citar, en este punto, la visión de Chomsky (1989) del control de la información, como uno de los aspectos centrales que bloquean el cambio social. En su obra, "Ilusiones necesarias: el control del pensamiento en la sociedad democrática" el autor advierte que el problema suele ser abordado por una variedad de medidas para privar a las estructuras políticas democráticas de contenido sustantivo, dejándolos formalmente intactos. Gran parte de esta tarea es asumida por instituciones ideológicas que canalicen pensamientos y actitudes dentro de límites aceptables, desviar cualquier desafío potencial al privilegio establecido y autoridad antes de que pueda tomar forma y cobrar fuerza. Esta sentencia elaborada antes de la era digital adquiere cada vez más actualidad en especial en la era del colapso socio ambiental.

CONSTRUYENDO UN MODELO INTEGRADO PARA UN SISTEMA DINÁMICO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

A partir de nuestras investigaciones previas, es que proponemos la integración de diversos elementos para desarrollar un procedimiento asistido por computadora que brinde información a los diferentes actores involucrados en la subcuenca Santiago Guadalajara, ubicada en el Estado de Jalisco, México. La premisa fundamental del proyecto consiste en la existencia del potencial transformador que tiene el representar los aspectos cruciales de la cuenca a través de una serie de imágenes y gráficos que podrán visualizarse simultáneamente, abarcando tanto la realidad histórica como posibles escenarios futuros.

El encuadre metodológico se fundamenta en la dinámica de sistemas, en la compleja interrelación entre los elementos del modelo. En primer lugar, los datos están interrelacionados y limitados por la realidad biofísica, de esta manera, no es posible tener un aumento en la expansión de la producción agrícola sin deforestación y/o un aumento en el uso de fertilizantes. En segundo lugar, las simulaciones son una proyección de tendencias pasadas y, aunque pueden parecer intuitivamente razonables, pueden desencadenar un futuro significativamente diferente, que tal vez no sea alcanzable.

El reto técnico consistió en construir una herramienta para el análisis geográfico dinámico, es decir, un instrumento que permita incorporar una dimensión espacial a los datos que describen el colapso en la cuenca: un sistema de información geográfica dinámico de uso fácil. La plataforma diseñada por Jerry Mead y Charles Hall de la Universidad de

Siracusa utiliza el formato raster (matriciales) de almacenamiento de datos y mapeo que permite interactuar con otras plataformas y con Fortran, el lenguaje computacional con el cual está escrito el modelo. El resultado fue, según Hall, la integración de la estructura de bases de datos de los SIG, en forma de mapas raster a la perspectiva del modelaje ambiental.

Esto nos permite predecir y analizar resultados en un paisaje espacialmente variado, e incorporar la influencia de unidades paisajísticas espacialmente adyacentes, lo que no era posible en los modelos del pasado.

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL MODELO

La construcción del modelo parte de la celebración de talleres participativos comunitarios en tres fases:

- *Fase 1, Preparatoria* (en el proceso de construcción del modelo). Determinación de los elementos del modelo. Las dimensiones del modelo (social, ambiental y social) se determinan de acuerdo con la vocación productiva de la zona y con base en la visión de los diversos grupos que ocupan el área de interés.
- *Fase 2, Analítica* (durante la ejecución del modelo). Con base en la información recopilada, se discuten las relaciones y las prioridades de sustentabilidad en relación con el análisis del desempeño institucional
- *Fase 3, Prospectiva* (el cierre del proyecto). Se elaboran escenarios futuros deseables de acuerdo con las visiones de los grupos sociales.

El objetivo del modelo es democratizar el proceso de toma de decisiones asegurando que diferentes grupos y partes interesadas seleccionen, en talleres, los parámetros a examinar. En concreto, proporcionaremos a cada grupo dos gráficos para mostrar los datos que consideren más cruciales. A través de un proceso iterativo, buscaremos llegar a un consenso entre los distintos grupos sobre los principales elementos a modelar. La esencia de esta metodología es que cada grupo sienta un grado de control sobre los elementos que se incorporan al modelo y, además, sobre qué otros parámetros prevén que influirán en sus decisiones.

La recopilación de información sobre el impacto ambiental, como modificaciones en los inventarios naturales de bosques y selvas, se centra principalmente en la inversión gubernamental dirigida a la recuperación de estos recursos, especialmente en áreas de jurisdicción federal. Sin embargo, a nivel local existe gran incertidumbre sobre la existencia de información similar, lo que genera dudas sobre la existencia de una línea de base.

Obtener información y crear una lista de indicadores ponderados no son tareas sencillas. Es importante destacar que esta información rara vez está disponible con antelación, ya que requiere un proceso de construcción. Por ejemplo, en México se mide el Índice de Desarrollo Humano, que incluye tres grandes indicadores: ingreso per cápita, educación y salud. Si bien estos indicadores están consolidados, en el ámbito ambiental no existe una entidad equivalente directa que realice un seguimiento sistemático del medio

ambiente. Si bien algunos estudios pueden abordar esta brecha, no existe una institución específica dedicada a este monitoreo, a diferencia de otras áreas, como el Banco Central que monitorea el PIB (Producto Interno Bruto). De ahí la importancia de explorar formas de democratizar y socializar la información a través de medios tecnológicos.

En la fase inicial de desarrollo de nuestra herramienta de visualización de escenarios, la elección de los datos a mostrar, tanto en la imagen central como en los gráficos (Figura 1), se basó en conversaciones con diversos profesionales así como en las cuestiones ambientales prevalecientes en el modelo costarricense de ese momento, se consideró inicialmente que la acción más significativa que impactaba a Costa Rica era el aumento de la población humana, demandante de alimentos y responsable de la degradación de valiosos bosques vírgenes y una mayor necesidad de fertilizantes y otros productos industriales que requerían ser importados.

Análisis posteriores indicaron que la deuda, impulsada en parte por el crecimiento del sector industrial petrolero durante la década de 1970, generó una interferencia significativa en la soberanía y la política gubernamental de Costa Rica, que había estado siguiendo las políticas del Fondo Monetario Internacional (FMI). Estas interferencias y restricciones fueron concebidas como un medio para recaudar los fondos necesarios para saldar la deuda. Como ejemplo, el FMI enfatizó la exportación de carne vacuna para cubrir la deuda, que en gran medida era responsable de la reciente deforestación en ese momento. En cualquier caso, la selección de los factores principales se realizó de forma jerárquica, siguiendo criterios profesionales desde una perspectiva de arriba hacia abajo.

LA ELABORACIÓN E INTEGRIDAD DE LA BASE DE DATOS

La experiencia de la elaboración del modelo SESA en ejercicios anteriores dejó una serie de enseñanzas de gran importancia con respecto al proceso de elaboración de las bases de datos necesarias para su funcionamiento.

En primer lugar, la práctica demostró que esta actividad, la preparación de las bases de datos, es la más importante y laboriosa del proyecto. Los ejercicios realizados evidencian una serie de obstáculos comunes que van desde la inexistencia o la incompatibilidad de datos, hasta la incapacidad profesional, técnica o el bloqueo político. En la construcción del modelo en Costa Rica, se sortearon algunos de los obstáculos consolidando estrategias con grupos de investigadores en las universidades o centros de investigación. El modelo, construido en el año 2000, desafortunadamente no pudo ser piloteado por cambios en las condiciones políticas locales.

En la construcción del SESA para la subcuenca Santiago-Guadalajara la estrategia de construcción de las bases de datos inició con la obtención de información a escala municipal, los cuales se integrarán en el modelo general en una segunda etapa. Los datos sobre el desempeño de las diversas dimensiones consideradas se obtuvieron fundamentalmente de las instancias federales y estatales como son los censos oficiales de años recientes debidamente publicados.

Dado que la región estudiada es de las más importantes del país por su peso específico en la economía y la política, los datos existentes alcanzan niveles aceptables de rigor y robustez. Las dimensiones en proceso son producción industrial y agrícola, especialmente producción y exportación tequilera, maquiladora y de bayas, crecimiento urbano, contaminación del agua, deforestación, datos demográficos y de morbilidad, consumo energético y de fertilizantes.

LA DINÁMICA POLÍTICA EN EL PILOTAJE DEL MODELO

El pilotaje obliga a la mediación y a la compensación. Por lo tanto, si en las negociaciones sobre las políticas a implementarse un grupo de actores está interesado, por ejemplo, en la conservación de los bosques naturales, esto podría tener un impacto en el nivel de producción agrícola deseado por otro grupo. Si, por el contrario, optan por mantener el escenario de conservación deseado, habrá consecuencias para la producción de alimentos en la región, así como para el cambio económico o la liberación de nutrientes.

En caso de desacuerdos con algunas de las consecuencias proyectadas, las partes interesadas pueden expresar sus inquietudes y quejas de manera explícita. Luego, los científicos involucrados deben presentar y defender las relaciones incorporadas en el modelo, apoyándolas con estudios relevantes y presentando sus argumentos. Este proceso se ve facilitado por un enfoque en capas para cada figura del gráfico, lo que le permite hacer clic en cada gráfico para examinar la relación empírica y modelada entre las variables. Idealmente, este enfoque contribuye a la capacidad de las partes interesadas para analizar las relaciones cuantitativas que subyacen a los impactos de sus decisiones o las de otros. En la negociación, se puede invitar al interesado a sugerir otra relación, que luego podrá insertarse rápidamente en el modelo. Luego, la parte interesada observa el impacto de sus supuestos en la relación y evalúa los resultados. Sin embargo, si se exige que su sugerencia permanezca en el modelo, se debe apoyar y defender la decisión en el contexto del sistema propuesto.

Observamos que este procedimiento desplaza el proceso de toma de decisiones políticas desde lo oscuro "detrás de la cortina" (para usar una expresión del Mago de Oz) al escrutinio directo por parte de las partes interesadas.

RESULTADOS

El caso de la subcuenca Santiago Guadalajara, Jalisco, México

La situación actual en México presenta un escenario favorable para la implementación de modelos de incidencia como SESA. La política científica en México, como prácticamente toda la gestión gubernamental actual, se encuentra en un proceso de profunda transformación.

Contexto institucional

Nuestro enfoque se basa en un ataque frontal al modelo neoliberal que basa su visión de la gestión pública en la idea de la máxima reducción del campo de acción del Estado y el establecimiento de condiciones para la regulación económica principalmente por el mercado. Desde el advenimiento del primer gobierno neoliberal en la década de 1980, el Estado mexicano vio reducida su participación directa e indirecta en la economía hasta su virtual desaparición. La gestión se vio reducida al mínimo.

El sector científico no fue una excepción, ya que también sufrió los efectos de la política neoliberal: el financiamiento del sector dejó de estar orientado a las necesidades nacionales. El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), institución federal creada para promover el desarrollo científico y tecnológico, fue utilizado para apoyar preferentemente proyectos privados sin vinculación con las necesidades del país.

La reforma institucional del CONAHCYT ha impactado tanto en el ámbito administrativo como conceptual. El nuevo modelo científico y técnico se ha orientado a abordar las prioridades nacionales, en lugar de las prioridades de los diferentes grupos que solían recibir la mayor parte del dinero. Con la nueva filosofía del sector científico-técnico, se apoyan proyectos con impacto social, en iniciativas que brinden soluciones a los problemas más importantes, como el alivio de la pobreza, la promoción de la salud, la nutrición y la protección y recuperación del medio ambiente.

En línea con los nuevos objetivos del CONAHCYT se plantea la principal característica de SESA, la cual consiste en la necesaria vinculación de los proyectos con las comunidades locales, incluyendo a los actores que sufrieron las mayores consecuencias socioambientales y económicas del modelo de desarrollo neoliberal anterior.

El proyecto ha sido presentado en el sistema de Programas Estratégicos Nacionales (PRONACE), como una iniciativa de investigación e incidencia para abordar sus problemáticas y asegurar resultados efectivos y eficientes en el logro de los objetivos planteado. El desafío de los proyectos PRONACE es enorme. El programa busca enfrentar los poderes atrincherados en las diferentes regiones del país que han impuesto un modelo socioambiental depredador y promover un cambio de paradigma de desarrollo basado en demandas comunitarias. En el área de estudio, en particular la subcuenca Santiago Guadalajara, nos referimos a grupos industriales y agroindustriales que han encontrado en las leyes ambientales laxas y la corrupción gubernamental los medios para construir lo que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha llamado "uno de los infiernos ambientales del país".

Caracterización de la zona de estudio

Por su peso específico en la economía, la subcuenca Santiago Guadalajara es considerada una de las regiones estratégicas más importantes del país. Las aguas provenientes de los ríos y acuíferos son el sustento económico de importantes cadenas productivas industriales en la región maquiladora localizada en los suburbios de la zona metropolitana de Guadalajara

El Simulador de Escenarios Socio Ambientales (SESA) para la subcuenca Santiago Guadalajara.

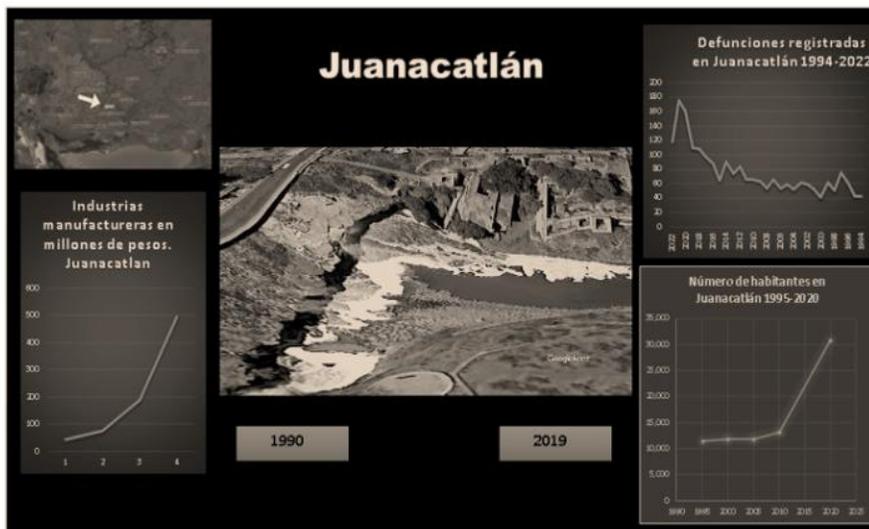
Desde el siglo pasado, la estrategia de desarrollo ha desestimado los servicios ecosistémicos que brindan las cuencas, implementando estrategias de explotación de recursos que han colapsado los equilibrios ecológicos. La visión utilitarista y el enfoque de eficiencia de ingeniería ha convertido el área de estudio en una región de canales y reservorios de agua estancada, para el abastecimiento de agua, inicialmente para la generación de energía (en la estación comunitaria El Salto), y posteriormente para la industria y la agricultura. Hoy, con el colapso de la cuenca, el agua envenenada de la cuenca se ha convertido en la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo del área urbana.

La aceleración del colapso comenzó con el lanzamiento del Tratado de Libre Comercio de América del Norte de 1994, que generó las condiciones para que los grupos de poder locales y nacionales externalizaran los costos de producción a la naturaleza y la sociedad con el fin de obtener altos niveles de competitividad de las exportaciones mexicanas en el mercado Norteamericano. El origen de los beneficios económicos generados por las empresas maquiladoras y agroindustriales en el área de estudio es, en gran medida, consecuencia de la devastación ecológica local.

Por esta razón, el desafío del proyecto en cuestión es anteponer el interés común de la población local al del mercado hemisférico y así emprender una política de recuperación de la región acorde a los límites biofísicos existentes. En este sentido, el conflicto político y social se presenta como un escenario inminente, tal como ocurre en otros ámbitos de la vida pública del país. Consideramos que el proyecto que presentamos y la construcción del modelo de generación de escenarios serán una herramienta útil para facilitar el proceso de negociación, para calcular las compensaciones involucradas en los diferentes futuros deseados en la recuperación de la cuenca alta del río Santiago.

La creación del modelo integrado para las regiones de México representa un hito sin precedentes en el ejercicio democrático del país. Por primera vez en el manejo de cuencas, las decisiones relacionadas con la selección de los parámetros a analizar, las compensaciones entre actores se determinarán democráticamente.

FIGURA 2. DESPLIEGUE DEL SIMULADOR DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA SUBCUENCA SANTIAGO GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Entre los resultados más relevantes que puede ofrecer el SESA encontramos la apertura de espacios políticos seguros y científicamente fundados para la discusión sobre las compensaciones entre los diversos actores participantes en el metabolismo social de una cuenca determinada.

La generación de escenarios ofrece la oportunidad de trascender la discusión social sobre estrategias comunes de corto plazo, que no se enfocan en los problemas centrales, las verdaderas causas del colapso. Con la ayuda de la visión integradora que ofrecen los instrumentos como SESA, los actores pueden valorar los diversos futuros y las consecuencias de las negociaciones-compensaciones para el bien común.

En el caso de la subcuenca Santiago-Guadalajara, tales compensaciones, derivadas de las estrategias de adaptación o recuperación ambiental, incluyen una gran diversidad de opciones, ofertas, beneficios y sacrificios entre la industria, la agricultura, el desarrollo urbano y la salud pública. Dentro de cada sector y entre las regiones y grupos sociales.

La valoración integral de las diversas visiones sobre las estrategias de desarrollo, hacia el mercado interno o externo, en una región a favor de otra, de la subvención de las externalidades ambientales en favor del crecimiento económico, etcétera, se facilita con la posibilidad de explorar en el espacio a lo largo del tiempo virtual que ofrece un sistema dinámico de información geográfica. 



REFERENCIAS

- Chomsky, N. (1989). Necessary illusions: Thought control in democratic societies. South End Press. https://www.cia.gov/library/abbottabad-compound/52/526D2E781AC9EBBB13346BDF7693E1BB_CHOMSKY_Noam_-_Necessary_Illusions.pdf
- CONAHcyT. (2023). ¿Qué son los PRONACES? Recuperado de <https://conahcyt.mx/que-son-los-pronaces/>
- Daly, H. E., & Farley, J. (2010). Ecological economics: Principles and applications. Island Press. Recuperado de https://library.uniteddiversity.coop/Measuring_Progress_and_Eco_Footprinting/Ecological_Economics-Principles_and_Applications.pdf
- Hall, C. A. S., Jourdonnais, J. H., & Stanford, J. A. (1989). Assessing the impacts of stream regulation in the Flathead River Basin, Montana, U.S.A. I. Simulation modeling of system water balance. *Regulated Rivers: Research and Management*, 3, 61-77.
- Hall, C. A. S., Smoliak, S., & Moll, R. (1989). Model based assessment of global hydrology, food, and population. *Water Resources Research*, 25(9), 2315-2326.
- Hall, C. A. S., Van Laake, P., León Pérez, C., & Leclerc, G. (2000). Cuantificar el desarrollo sostenible: El futuro de las economías tropicales. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-318860-1.X5000-X>.
- INEGI. (2024). Censo de población y vivienda. Instituto de Información Estadística y Geografía. Recuperado de https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=902
- IPBES (2018). El informe de evaluación regional de IPBES sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos para las Américas. Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, ME, Bedoya-Gaitán, M. y Valderrama N. (eds.). Secretaría de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas, Bonn, Alemania. 656 páginas. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3236252>
- Jourdonnais, J., Stanford, J. A. S., Hauer, F. R., & Hall, C. A. S. (1990). Assessing options for stream regulations using hydrologic simulations and cumulative impact analysis: Flathead River Basin, USA. *Regulated Rivers*, 5(3), 279-293.
- Ostrom, E. (2000). El gobierno de los bienes comunes. Cambridge University Press. https://base.socioeco.org/docs/el_gobierno_de_los_bienes_comunes.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019). <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/trabajara-semarnat-con-afectados-de-seis-regiones-del-pais-con-altos-impactos-ambientales-y-de-salud>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022). El tequila ha generado una industria económicamente muy activa. <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-tequila-ha-generado-una-industria-economicamente-muy-activa?idiom=es#:~:text=Jalisco%20es%20la%20entidad%20que,de%20pesos%20en%20el%20estado>





Como citar:

Peniche Camps, S., Hall, C., González Guevara, L. F., y García Galván, J. (2024) Herramientas cibernéticas para la sustentabilidad y la democracia. La construcción del Simulador de Escenarios Socioambientales (SESA) para la subcuenca Santiago-Guadalajara. *Administración y Organizaciones*, 27(Especial).

<https://doi.org/10.24275/HUEV4979>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.

Impacto económico y socioambiental en Chiapa-Ozumba con AUDI Méx

Economic and socio-environmental impact in Chiapa-Ozumba with AUDI Méx

Pedro Macario García Caudillo^I, Rafael de Jesús López Zamora^{II} y José Federico Pérez Ronquillo^{III}

Resumen

La cuarta revolución tecnológica e industrial 4.0, es un proceso que avanza con impactos de transformación territorial, económicos y sociales; la investigación explica la sobreexplotación y mercantilización de recursos naturales con la llegada de Audi México. Mediante acopio (instrumento-entrevistas, fuentes primarias-secundarias) y análisis (transversal-longitudinal-explicativo-cuantitativo-cualitativo) de información, se manifestaron resultados como la baja disponibilidad de agua e impactos al acuífero Libres-Oriental, con una proyección deficitaria de -21.17 niveles piezométricos para 2070. El desplazamiento de la fuerza laboral rural a otras actividades urbanas. Desposesión, apropiación, y privatización de medios de subsistencia y producción. Si bien aumentaron Unidades Económicas, Producción Bruta Total y Personal Ocupado; con efectos negativos sobre la calidad de vida de los habitantes; cambios en los usos del suelo; atraso en la prestación de servicios básicos y desaparición de fuentes de empleo primarias, mayor explotación laboral y una transformación de la estructura económico, social, político, ecológico, ambiental y cultural.

Palabras clave: Agua; Cambio social, Automóviles, Actividad económica regional: crecimiento, desarrollo, cuestiones ambientales y cambios.

Código JEL: L6, L62, R11.

Abstract

The fourth technological and industrial revolution 4.0 is a process that advances with territorial, economic and social transformation impacts; The investigation explains the overexploitation and commodification of natural resources with the arrival of Audi México. Through collection (instrument-interviews, primary-secondary sources) and analysis (transversal-longitudinal-explanatory-quantitative-qualitative) of information, results were revealed such as the low availability of water and impacts to the Libres-Oriental aquifer, with a deficit projection of -21.17 piezometric levels by 2070. The displacement of the rural workforce to other urban activities. Dispossession, appropriation, and privatization of means of subsistence and production. Although Economic Units, Total Gross Production and Employed Personnel increased; with negative effects on the quality of life of the inhabitants; changes in land uses; delay in the provision of basic services and disappearance of primary sources of employment, greater labor exploitation and a transformation of the economic, social, political, ecological, environmental and cultural structure.

Keywords: Water; Social change. Industry Studies: Manufacturing, Automobiles, Regional economic activity: growth, development, environmental issues and changes.

JEL Code: L6, L62, R11.

^I Centro de Estudios del Desarrollo Económico y Social, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. Profesor Investigador, Doctor En Economía Política del Desarrollo por la Universidad Autónoma de Puebla. pedrom.garcia@correo.buap.mx  0000-0001-8780-552X

^{II} El Colegio de Tlaxcala A. C., México. Doctor en Economía Política del Desarrollo, distinción Cum Laude, por la Facultad de Economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). lopezza@coltlx.edu.mx  0000-0003-0801-5496

^{III} El Colegio de Tlaxcala A. C., México. Contador Público, Auditor, Maestro en Administración de Empresas, Maestro en Desarrollo Regional, Ordenamiento territorial Josef.perezr@coltlax.edu.mx  0009-0007-0045-2575

INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo la cuarta revolución tecnológica se encuentra en marcha, avanzando más allá del uso extendido de internet y las tecnologías de la información sumando la robótica, automatización, la inteligencia artificial, la automatización de vehículos, etc. es un proceso acelerado que está generando cambios estructurales, sin embargo si bien es sumamente relevante y puede ser una oportunidad para disminuir brechas existentes en una de las regiones más desiguales del mundo como la latinoamericana, mediante la búsqueda de un desarrollo más inclusivo de acuerdo con la CEPAL (2020).

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar algunos de los impactos generados por la instalación de una empresa armadora de autos para nuestro caso AUDI México perteneciente a la rama manufacturera de la industria 4.0; en las localidades de San José Chiapa (cabecera) y San José Ozumba (localidad), del municipio de San José Chiapa en el Estado de Puebla, México. Con la finalidad de visibilizar los impactos que genera la llegada de una de las plantas más emblemáticas con la más alta tecnología que se aplica a la industria automotriz para la producción de autos de gran lujo (camionetas Q5), y ante el arribo de más empresas que buscan instalarse en el territorio nacional.

Para el logro de dicho objetivo se desarrolló una metodología mixta, estableciendo en primera instancia los referentes teóricos, en segundo lugar, la delimitación de la zona de estudio; tercero, el diseño de los instrumentos de investigación, su aplicación y proceso. Lo anterior permite sustentar que la instalación de dicha armadora y el conjunto de empresas complementarias, proveedoras de accesorios y “satélites”, frente a la competencia global demandan menores costos, buscan mayores ventajas competitivas y comparativas, para lograr mejores economías de escala.

Sin embargo, es importante señalar que dicho clúster demanda importantes cantidades de recursos naturales como lo es el agua, así como el trabajo humano de bajo costo, y la disponibilidad de territorios e infraestructura, entre otros; para la realización de actividades productivas en los países de destino (economía enclave). Las actividades realizadas por el complejo industrial desembocan en un proceso de transformación estructural del aparato productivo local, que agudiza las desigualdades territoriales, sociales y económicas; con efectos nocivos y permanentes para los habitantes del territorio y los ecosistemas.

A la fecha existe un determinado consenso sobre el paso de tres revoluciones industriales, antecedentes de una cuarta revolución denominada 4.0. Cada una presenta particularidades que van desde los actores que las impulsan, los impactos que generan y sus alcances en las distintas escalas tanto territoriales como temporales y económicas, de oportunidades y desafíos para este mundo en constante transformación, de acuerdo con Nacimiento (2023).

La Primer Revolución Industrial tiene sus inicios en la segunda mitad del siglo XVIII producto de un conjunto de innovaciones y descubrimientos que alteraron varios

sectores económicos, siendo una de las más importantes al deshacer el orden feudal y la estructura medieval de muchos siglos.

La Segunda Revolución Industrial inicia a mitad del siglo XIX y finaliza con la segunda guerra mundial, aportando importantes avances en la industria siderúrgica, eléctrica, química y petrolera de entre otras. Se observa una mejora en los procesos de producción en masa de bienes de consumo; como la refrigeración, la mecánica, el enlatado de comida, la estandarización industrial, etcétera.

La Tercera Revolución Industrial se desarrolla entre 1950 y 2010, se gesta en el contexto de la guerra fría, con Estados Unidos y Rusia como los dos grandes adversarios de un mundo bipolar; surge en Japón el toyotismo; se acelera la demanda de tecnología y mano de obra calificada; llega el primer hombre a la luna; se pasa de la mecánica analógica a la digital; se inventa el teléfono móvil; se crea el internet y las microcomputadoras; etc.

La Cuarta Revolución Industrial, en el foro económico mundial de 2011, se define como la “industria 4.0”, cuyo objetivo es integrar a todas las tecnologías (TIC’s) del mundo digital, tanto público como privado; llega de manera silenciosa para quedarse, transformo la vida, y se infiltra en todos los rincones del planeta (Globalización). Binchi (2021), con la revolución 4.0, se generaron extraordinarias transformaciones, pero con efectos destructivos en las estructuras sociales y productivas; una nueva planificación de las ciudades con marcadas clases sociales y conflictos territoriales.

La 4.0, señala Useche (2022); que es la más disruptiva, impacto diversos sectores como la industria, el transporte, la salud, las comunicaciones, la educación, la defensa, etc., mediante un sin número de aplicaciones. ¿La revolución 4.0 dará la oportunidad de acortar brechas de desigualdad en las regiones más desiguales del mundo (Latinoamérica)? CEPAL (2020). Aunque no para todas funciona de igual manera, como es el caso de la presente investigación.

En las localidades de San José Chiapa y San José Ozumba, municipio de San José Chiapa, Estado de Puebla, los efectos e impactos sobre la estructura económica provocados por la llegada del complejo industrial automotriz “AUDI México”, se manifestaron en fuertes cambios en la calidad de vida de sus habitantes, en la sobreexplotación y mercantilización de los recursos naturales; procesos inducidos por la denominada acumulación por desposesión contemporánea (Harvey, 2004, 2005).

Proceso que, valiéndose de la apropiación y la privatización de recursos primarios, factores y medios de producción, ha ocasionado la desaparición de fuentes de empleo primarias, una mayor explotación de la fuerza de trabajo local; un marcado abatimiento de los acuíferos y una menor disponibilidad de recursos para las actividades económicas locales.

El arrastre que provoco el desarrollo urbano industrializante en la región, impacto directamente en la transformación de territorios y ecosistemas, y no fue solo de forma física, ha sido determinante en las transformaciones económicas, sociales y medio

ambientales; resultado de la demanda de un gran número de insumos por parte del complejo industrial automotriz AUDI México.

La desposesión de la tierra, de los medios de trabajo y de subsistencia han reducido las hectáreas cultivables y de pastoreo de que disponían los pequeños productores locales, otro de los efectos ha sido la disminución de la producción primaria local al abatirse el empleo en el campo, además, se observó un proceso de desplazamiento de la fuerza de trabajo rural a otras actividades alternativas que les permitieran lograr satisfacer las necesidades básicas de subsistencia.

Este proceso de “migración” laboral, se manifestó básicamente hacia los sectores secundario y terciario, en actividades industriales manufactureras (inclusive en las diferentes áreas de complejo industrial automotriz), comerciales o hacía los servicios, ya sea como choferes y panaderos, entre otros oficios y en el mejor de los casos, los desposeídos de sus terrenos serán nuevos emprendedores, microempresarios o comerciantes.

METODOLOGÍA

La estrategia metodológica utilizada en el artículo se dio sobre el núcleo de tres ejes principales: Acopio, Análisis y Presentación de la información. Etapas: 1ª Preparación de los instrumentos de investigación: base de datos y cuestionarios; universo, población y muestra; 2ª Trabajo de campo: acopio de la información en cabecera y localidad, codificación, análisis y presentación de resultados.

Investigación de carácter mixto, incluyente del análisis cuantitativo y cualitativo de datos, con entrevistas y una batería de preguntas aplicada, el trabajo de campo permitió la formación de grupos focales; observando el método científico y con datos recopilados se realizó un análisis descriptivo; la aplicación de los elementos de administración y uso de herramientas tecnológicas (software) e instrumentos necesarios con el apoyo de disímiles fuentes secundarias de información (Censos de población y económicos INEGI, SIAP y CONAGUA entre otros).

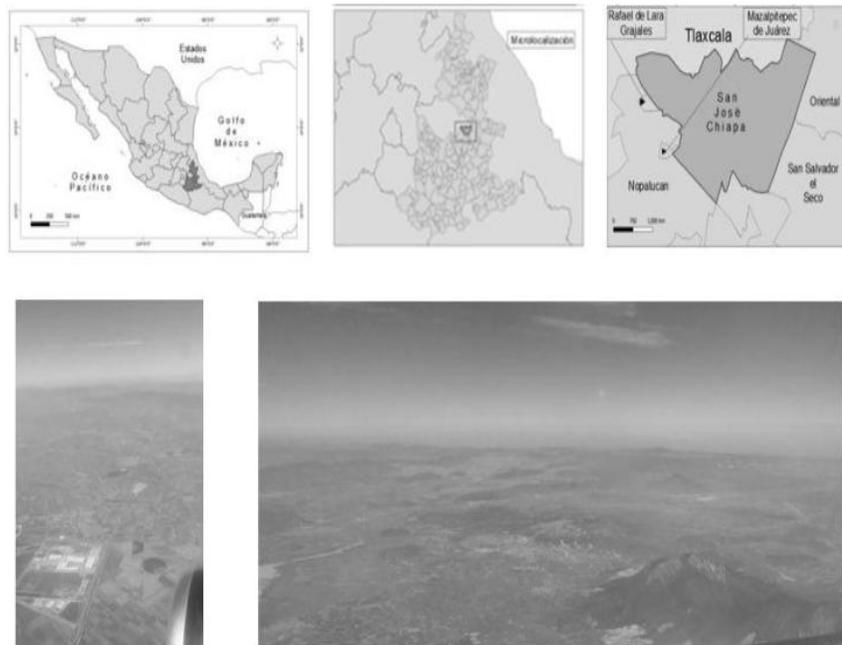
Con enfoque explicativo - longitudinal; de análisis transversal al captar las percepciones del momento (confrontar la situación actual en que se desarrolla la población y en que suceden los hechos empíricos) con entrevistas e instrumento aplicado a 148 familias, incluyendo a los representantes de autoridades locales.

Los resultados del análisis de las fuentes secundarias se cruzaron con los obtenidos de la aplicación del instrumento de investigación a los entrevistados (pequeños productores agrícolas y ganaderos, ejidatarios, informantes clave y jefes (as) de familia, obreros, etc.), en cabecera municipal y localidad; base de la estructura de la discusión más afondo para arribar a las conclusiones, donde se mostró el logro del objetivo propuesto.

DESAROLLO

Los disímiles impactos generados por la instalación de la armadora de autos AUDI México, en las localidades de San José Chiapa (cabecera) y San José Ozumba (localidad), San José Chiapa, Puebla, México; rama manufacturera beneficiada con la revolución industrial 4.0; gestaron transformaciones territoriales, ampliación y profundización de las desigualdades en dimensiones sociales, económicas y demográficas; efectos nocivos y permanentes para los territorios, los ecosistemas y los habitantes, fueron el objetivo principal de la investigación, referencia en la imagen 1; es decir, los recursos vistos como una mercancía más, soporte del aparato social, productivo y económico.

IMAGEN 1. UBICACIÓN DE LA PLANTA AUDI EN EL ESTADO DE PUEBLA



Fuente: propia elaboración mediante la herramienta QGIS3.

El 5 de septiembre del año 2012 se anunció la construcción de la planta armadora de autos AUDI México, tomando en cuenta que la ciudad de Puebla presenta una referencia y vínculo logístico estratégico, infraestructura propicia; con mano de obra barata y calificada, así de la calidad de vida de sus habitantes. La primera piedra fue colocada en 2013; el Centro de Capacitación en 2014; principia actividades productivas en 2015; inauguración de la planta e inicio de la producción de la camioneta tipo Premium Q5 (automóvil de gran lujo) en 2016, como se observa en la imagen 2.

IMAGEN 2. AUDI EN SAN JOSÉ CHIAPA – SAN JOSÉ OZUMBA



Fuente: propia elaboración mediante la herramienta QGIS3.

México es un territorio propicio, y un contexto con ventajas para la inversión extranjera directa (IED), la relación con esta rama manufacturera se enmarca debido a:

- Tratados y acuerdos nacionales e internacionales.
- Despunte y mayor interés en el sector manufacturero.
- Clústeres, nuevos corredores y regiones industriales.
- 8 firmas automotrices en 2018 y en crecimiento.

El antecedente para este tipo de industria se inicia con la instalación de Volkswagen de México, en Cuautlancingo (1964) y se produce en 1967 el primer auto sedán.

RESULTADOS

El logro de la investigación tiene como referente teórico, desde la economía política crítica, el concepto y categoría de acumulación por desposesión, acuñado por el geógrafo David Harvey (2004, 2005) y se aborda desde cuatro pilares fundamentales: 1° privatización y mercantilización; 2° financiarización; 3° la gestión, como la manipulación de la crisis; y 4° las redistribuciones estatales (Harvey, 2005).

El proceso de acumulación por desposesión, con la apropiación y privatización de los medios de subsistencia y de trabajo, exhiben como efecto el desplazamiento y transformación de actividades económicas primarias hacia otros sectores alternativos de la producción, es decir, una transformación de la estructura económica, proceso que a la par de la urbanización se dio con el desplazamiento (Harvey, 2004 - 2005).



Con la llegada del complejo en mención se observaron importantes cambios en lo económico, en lo social y estarán provocando efectos nocivos en el mediano plazo sobre el medio ambiente, mediante la sobreexplotación y depredación de los recursos naturales, bajo un modelo claramente extractivo, cuyos beneficiarios son los pequeños grupos de poder económico-político-social local y extranjeros (la “armadora” AUDI México), con el beneplácito y apoyo de las autoridades locales y estatales (Grigera y Álvarez, 2013). El concepto teórico de acumulación por desposesión permite señalar lo que está sucediendo en la región objeto de estudio con la intervención del capital extranjero.

“[...] Uno de los rasgos característicos de la acumulación por desposesión es la privatización de todo (De Mattos, 2016), hasta los intocables como la tierra. El campesinado, ante la pérdida de su principal bien de subsistencia, se desplaza hacia las ciudades en busca de empleo (Costantino, 2016)”.

Proyectó Villarreal (2017) un déficit del acuífero; en la tabla 1, se observa el resultado de una sobreexplotación / disponibilidad / demanda / extracción / recarga; proyectando resultados negativos, escenarios previstos para el corto plazo; que marcan como prioridad “no otorgar más concesiones”.

TABLA 1. EFECTOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA Y EL ACUÍFERO EN LA REGIÓN ACUÍFERO LIBRES – ORIENTAL. BALANCE HIDROLÓGICO – BALSAS IV – 2015

	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
CLAVE	Millones de metros cúbicos anuales (Mm3)					
2102	179.3	20,0	159,651,629	103.0	0	-0.351629

Fuente: propia elaboración en base a Villarreal (2017).

Aprovechamientos, pozos profundos y demás fuentes; muestran tendencia a la baja en disponibilidad de agua, mermando niveles piezométricos. Proyección para el año 2070 con una demanda de 173,019,468.93; disponibilidad de 142,795,536.57; % de disponibilidad / demanda de 121.17 con un déficit de -21.17 como resultado.

Uno de los efectos se tradujo en la disminución de la producción primaria local, al abatirse el empleo en el campo; le sigue un proceso de especulación y alza de precios en la adquisición de terrenos y también se observa un proceso de “migración” de la fuerza de trabajo agrícola hacia actividades alternativas.

Proceso de desplazamiento hacia los sectores secundario y terciario, esto es, hacía actividades industriales, manufactureras, comerciales o hacía los servicios, ya sea como comerciantes, choferes y panaderos, de entre otros oficios e inclusive en las diferentes áreas de complejo industrial automotriz Audi México. Y en el mejor de los casos, los desposeídos de sus terrenos serán nuevos emprendedores, microempresarios, comerciantes, etc. Así también es importante de inicio conocer el desempeño de la población económicamente

activa en los tres sectores de la economía regional en el año 2000 (observar cuadro 1) para cotejarla posteriormente con datos del INEGI en las localidades.

CUADRO 1. PERSONAL ACTIVO, INACTIVO Y OCUPADO, AÑO 2000. SAN JOSÉ CHIAPA, PUEBLA, MÉXICO.

Población	Sectores: Primario, Secundario y Terciario año 2000					
	pecoactiv	pecoinact	pocupada	pocusecp	pocusecs	pocusect
Chiapa	1200	1585	1195	551	351	257
Ozumba	322	453	322	232	42	41

Fuente: propia elaboración con información de INEGI 2000.

El trabajo de investigación mostró cómo se ha dado el proceso de desplazamiento de la fuerza de trabajo rural a otras actividades y sectores de la economía local después de la llegada de AUDI México, en las localidades de la región en estudio, variación porcentual que se muestra en los cuadros 2 y 3, de entre los años 2000 y 2020.

CUADRO 2. VARIACIÓN PORCENTUAL POBLACIONAL 2000 - 2020. SAN JOSÉ CHIAPA, PUEBLA, MÉXICO.

Actividad Económica	Población Total / Años			Var %
	2000	2010	2020	2000-2020
San José Chiapa – Cabecera	4049	4821	6271	54.88
San José Ozumba – Localidad	1223	1528	1944	58.95
Total Municipal	6744	8087	10443	54.85

Fuente: propia elaboración con información de INEGI 2000 - 2020.

CUADRO 3. VARIACIÓN PORCENTUAL PERSONAL OCUPADO TOTAL (POT) 2009 - 2019. SAN JOSÉ CHIAPA, PUEBLA, MÉXICO.

Actividad Económica	POT / Años			Var%
	2000	2010	2020	2000-2020
Sector 31-33 Industrias manufactureras	50	118	6547	12994
Sector 43 Comercio al por mayor	10	16	13	30
Sector 46 Comercio al por menor	202	156	267	32.18
Sector 53 Servicios inmobiliarios	0	6	22	0
Sector 56 Manejo de residuos y remediación	0	7	637	0
Sector 61 Servicios educativos	0	0	16	0
Sector 62 Servicios salud y asistencia social	0	0	3	0
Sector 81 Otros servicios, no gubernamentales	18	23	48	166.67
Total, Municipal	335	385	8555	2453.73

Fuente: propia elaboración con información de los censos económicos de INEGI 2009 - 2019.

Las actividades del sector primario dejan de ser importantes para cierto número de habitantes, de pertenecer al sector primario de la economía, sea la agricultura (baja y desaparición de cultivos) o la ganadería (perdida de terrenos pastorales) principalmente.

Como se observa en el cuadro 4; ahora se desempeñan en el sector secundario (industria de la transformación - manufacturera) en las nuevas (variación) unidades económicas de entre los periodos 2009 a 2019, como se muestra en el cuadro 5; o en el tercer sector (comercio - servicios generales).

CUADRO 4. SAN JOSÉ CHIAPA. VOLUMEN DE PRODUCCIÓN RIEGO 2010 - 2020 (MUNICIPIO TON)

Cultivo local Volumen Prod. Municipio/Ton.	2010	2015	Var % 2010- 2015	2020	Var % 2015- 2020
Calabacita	0.00	650.81	0.00	436.10	-32.99
Frijol	50.05	165.00	229.67	147.03	10.89
Haba grano	49.75	55.00	10.55	0.00	-100.00
Haba verde	79.60	0.00	-100.00	0.00	0.00
Lechuga	299.40	429.00	43.29	224.90	-47.58
Maíz forrajero verde	6,036.00	6,000.00	-0.60	5,698.00	-5.03
Maíz grano	2,140.00	3,060.00	42.99	2,457.40	-19.69
Jitomate	325.98	0.00	-100.00	0.00	0.00
Tomate verde	358.92	577.50	60.90	765.05	32.48
Zanahoria	500.00	525.00	5.00	928.00	76.76
Alfalfa verde	61.00	11,360.20	18,523.28	12,378.14	8.96
Sistema Riego	9,900.70	22,822.51	130.51	23,034.62	0.93
Sistema Temporal	8047.88	14,372.58	78.59	13,986.05	-2.69

Fuente: elaboración propia con información del SIAP 2010 - 2020.

Como se observa en el cuadro 5, se detona el comportamiento de las nuevas unidades económicas dentro del sector Industrial Manufacturero y subsector Fabricación de Equipo de Transporte, registrando tres Unidades Económicas (UE's) determinantes, 1º Rama dedicada a la Fabricación de Autos y Camiones (AUDI México); 2º y 3º, dos UE's autoparteras que fabrican autopartes para Vehículos automotores.

CUADRO 5. VARIACIÓN PORCENTUAL UNIDADES ECONÓMICAS (UE's) 2009 - 2019. SAN JOSÉ CHIAPA, PUEBLA, MÉXICO.

Actividad Económica	POT / Años			Var%
	2000	2010	2020	2000-2020
Sector 31-33 Industrias manufactureras	50	118	6547	12994
<i>Subsector Fabricación de equipo de trans.</i>	0	0	3	0
<i>Rama Fabricación de automóviles y camiones</i>	0	0	1	0
<i>Rama Fabricación partes automotores</i>	0	0	2	0
Sector 43 Comercio al por mayor	10	16	13	30
Sector 46 Comercio al por menor	202	156	267	32.18
Sector 48-49 Transportes, correos y almacén.	2	2	2	0
Sector 51 Información en medios masivos	0	4	2	0
Sector 53 Servicios inmobiliarios	0	4	4	0
Sector 54 Profesionales, científicos y técnicos	0	1	1	0
Sector 56 Manejo de residuos y remediación	0	1	1	0
Sector 61 Servicios educativos	0	1	3	0
Sector 62 Servicios salud y asistencia social	1	0	3	200
Sector 71 Culturales, deportivos y recreativos	2	25	2	0
Sector 72 Alojamiento temporal y alimentos	15	0	30	100
Sector 81 Otros servicios, no gubernamentales	12	17	32	166.67
Total, Municipal	156	204	298	91.03

Fuente: propia elaboración con información de los censos económicos de INEGI 2009 - 2019.

Sin dejar fuera de tema la apertura o reapertura de negocios micro, pequeños y/o medianos existentes y/o de nueva creación para el Sector de Comercio al por menor, incluyente del subsector vehículos a motor, refacciones, combustible y lubricantes, de la rama camiones, camionetas y automóviles; gestionando el aumento en las actividades socioeconómicas regionales con la llegada del complejo industrial automotriz AUDI México.

En el cuadro 6, se exhibe información de la Producción Bruta Total de las UE's del Sector Industrias Manufactureras y Subsector dedicado a la Fabricación de Equipo de Transporte; en la Rama Fabricación de Autos y Camiones; también de la Rama dedicada a la Fabricación de Partes para Vehículos Automotores; Sector Comercio y Sector Otros servicios, presentándose una variación porcentual, analizando y comparando la información obtenida de la Producción Bruta Total en las UE's del municipio estudiado.

CUADRO 6. VARIACIÓN PORCENTUAL PRODUCCIÓN BRUTA TOTAL (PBT) 2009 - 2019. SAN JOSÉ CHIAPA, PUEBLA, MÉXICO.

Actividad Económica	PBT (m.d.p.c.) ¹ /Años			Var%
	2000	2010	2020	2000-2020
Sector 31-33 Industrias manufactur.	1.3	63.99	103009.9	7923738.1
Sector 43 Comercio al por mayor	0.525	0.60	1.13	116.19
Sector 46 Comercio al por menor	2.054	4.18	27.19	1223.67
Sector 53 Servicios inmobiliarios		0.01	17.6	0
Sector 56 Manejo residuos y remed.		0.11	73.08	0
Sector 61 Servicios educativos			0.84	0
Sector 62 Salud y asistencia social			0.20	0
Sector 81 Otros servicios, no guber.	0.46	0.97	3.32	613.77
Total, Municipal	5.488	75.421	103565.044	1887018.15

Fuente: propia elaboración con información de los censos económicos de INEGI 2009 - 2019.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

El daño al acuífero Libres - Oriental es claro:

- 1° Otorgamiento de concesiones que no permiten su recuperación;
- 2° Ciudad Modelo y nuevas viviendas limitaron suministro, calidad y cantidad de agua, causa deficitaria de uso urbano habitacional, agrícola y ganadero
- 3° Gran demanda acuífera en la producción de AUDI México, y el clúster industrial;
- 4° Bajo rendimiento y productividad agrícola (temporal-riego).
- 5° Extinción de flora y fauna nativa, y de productos que ya no se siembran.

Trabajos de nueva creación, anexos a los ya existentes; es decir, aumentaron las Unidades Económicas, la Producción Bruta Total y el Personal Ocupado. De 2009 a 2019, el arribo AUDI México gesto transformación de tierras de cultivo y pastoreo, lagunas y cerros, es decir, el uso del suelo reflejado en el aumento y aparición de nuevas empresas, industrias automotrices y autoparteras entre otras.

Se demuestra que la llegada de AUDI México a la región ha provocado efectos negativos sobre el acuífero y sobre la calidad de vida de los habitantes

¹ Millones de pesos corrientes

- 1) La situación expuesta y resultado de la investigación, respecto a la apropiación y desposesión de tierras y demás recursos naturales han provocado fuertes transformaciones sobre el territorio y las poblaciones.
- 2) Habrá demanda de los servicios de agua potable y saneamiento (SAPS); resultado del crecimiento de nuevas unidades económicas y anexas a las existentes, con una mayor producción bruta total y de un mayor número de personal ocupado total.
- 3) Efectos negativos provocados con la llegada de AUDI México se manifestaron en transformaciones socio - territoriales con fuertes impactos económicos y ambientales en el corto, mediano y largo plazos.
- 4) Analizada la información sobre la relocalización sectorial de los factores de producción, actividades económicas y nuevas unidades económicas, determinaron cambio de actividades, ocupación y relocalización de la población local.
- 5) Los efectos indicativos en el cambio de uso del suelo, que transita del uso agrícola y ganadero, al uso industrial; al comercial y/o al de servicios; en el mejor de los casos, cuando no, a la marginación, la pobreza o la migración; profundizan las desigualdades territoriales, económicas y sociales con graves impactos ambientales.

Con la llegada del complejo industrial automotriz AUDI México, el efecto económico y especulativo observado en el cambio del uso del suelo; problemática social que se vive con el atraso en la prestación de servicios básicos, que reflejan la situación marginal hacia actores sociales vulnerables.

Finalmente afirmar que se logró el objetivo planteado, presentar y discutir la información, cómo se ha dado el proceso hacia otras actividades y sectores de la economía local, se ha dado un proceso de transformación del territorio en términos no solo físicos sino en términos económicos y sociales; de una mayor sobreexplotación y mercantilización de los recursos naturales; empezando por la apropiación de las tierras, cambio de uso del suelo y especulación, valiéndose de la apropiación y la privatización de recursos primarios, factores y medios de producción.

Provocando la desaparición de fuentes de empleo primarias, una mayor explotación de la fuerza de trabajo local; y la transformación de la estructura económica que impacta directamente a las condiciones de vida de los habitantes. Debido a lo expuesto se visualiza una posible línea de investigación: Un manejo puntual de las condiciones y servicios generales de la producción en materia de infraestructura local y crecimiento endógeno en el municipio de San José Chiapa, Puebla, México.

“Modelos, formas y estructuras territoriales, económicas - políticas - sociales, aluden a una significativa transformación de aquello, que en su momento fuese lo cotidiano para pueblos y sociedades...”
Prólogo por López Zamora (Sánchez, 2017). 



REFERENCIAS

- Bianchi, P. y Rodríguez Mesa, F. J. (Trad.). (2021). 4.0: *La nueva revolución industrial*.1.
- De Mattos, C. (2016). *Financiarización, valorización inmobiliaria del capital y mercantilización de la metamorfosis urbana*. *Sociologías*, 18(42), pp. 24-52.
<https://dx.doi.org/10.1590/15174522-018004202>
- Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible 2023. *Revolución tecnológica: desafíos y oportunidades para la industria, el empleo, la igualdad de género y el desarrollo social en América Latina y el Caribe*. 24 DE ABRIL DE 2019.
<https://www.cepal.org/es/eventos/revolucion-tecnologica-desafios-oportunidades-la-industria-empleo-la-igualdad-genero>
- Harvey, D. (2004). *El Nuevo Imperialismo*. Akal, Madrid.
- Harvey, D. (2005). *El “nuevo” imperialismo: acumulación por desposesión*. *Socialist register 2004* (enero 2005).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <https://www.inegi.org.mx/default.html>
- Nascimento Silva, L. R. (2023). *Caballo de Troya digital: la cuarta revolución industrial*.1.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/bibliotecasbuap/233609?page=10>
- Sánchez Hernández, A., Hurtado Mireles, M. y Teutli León, M. (2017). *San José Chiapa, Puebla. Cotidianidad e industria*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <https://www.gob.mx/siap>
- Sistemas de Información Geográfica. *QuantumGis (QGIS)*
<https://www.uv.mx/cuo/files/2013/05/Manual-QGIS-CUOM.pdf>
- Useche, A. J. (II.), Juárez, F. (II.) y Ramírez Restrepo, Á. (II.) (2022). *Tecnologías de la cuarta revolución industrial y su aplicación en la Armada Nacional de Colombia*.1.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/bibliotecasbuap/219907?page=14,15>
- Villarreal, L. (2017). *Congreso Nacional de Riego y Drenaje 2017*.





Como citar:

García Caudillo, P. M., López Zamora, R. de J., y Pérez Ronquillo, J. F. (2024) Impacto económico y socioambiental en Chiapa-Ozumba con AUDI Méx. *Administración y Organizaciones*, 27(Especial).

<https://doi.org/10.24275/PQKL5975>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.

Políticas de innovación para la Industria 4.0: Una exploración de literatura

Innovation policy for Industry 4.0: An exploration of literature

José Luis Sampedro Hernández¹

Resumen

El objetivo de este trabajo es explorar el rol de las políticas de innovación (PI) en la revitalización de las organizaciones productivas y en su transición tecnológica hacia la industria 4.0 (I4.0). Las preguntas de investigación son: ¿En qué sentido las PI impulsan la revitalización y transición de las organizaciones productivas hacia la I4.0? ¿Cuál es el rol y la especificidad de las PI en los procesos de adopción de las tecnologías de la I4.0 en los sectores productivos? El argumento central consiste en que las PI juegan un rol cada vez más importante en los procesos de adopción, crean un marco regulatorio e institucional para su revitalización y transición hacia la adopción de la I4.0 y coadyuvan en la reducción de la incertidumbre. La metodología se basa en una exploración sistemática de la literatura de los artículos publicados en SCOPUS y Web of Science de los últimos años.

Palabras clave: Política industrial y tecnológica, Industrialización, TIC, Industria 4.0.

Código JEL: O14, O25, O38.

Abstract

The aim of this paper is to explore the role of innovation policies (IPs) in the revitalization of productive organizations and in their technological transition towards industry 4.0 (I4.0). The research questions are: In what sense do IPs drive the revitalization and transition of productive organizations towards I4.0? What is the role and specificity of IPs in the processes of adoption of I4.0 technologies in productive sectors? The central argument is that IPs play an increasingly important role in adoption processes, create a regulatory and institutional framework for their revitalization and transition towards the adoption of I4.0 and contribute to the reduction of uncertainty. The methodology is based on a systematic literature review of articles published in SCOPUS and Web of Science in recent years.

Keywords: Industrial and Technological Policy, Industrialization, Industry 4.0

JEL Codes: O14, O25, O38.

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Ciencias Sociales, Área Economía y Gestión de la Innovación. UAM. Economía de la innovación, Políticas de Ciencia Tecnología e Innovación. Contacto: jsampedro@cua.uam.mx, sampedroh@yahoo.com.mx  0000-0003-1942-0286

INTRODUCCIÓN

Las sociedades, los sectores productivos y en particular las empresas están transitando por un nuevo paradigma tecno-económico denominado Industria 4.0 (I4.0), cuya columna principal son las tecnologías digitales disruptivas (TDD). Actualmente se conoce aún poco sobre la incidencia de estas tecnologías en la estructura y desempeño de las organizaciones productivas, tanto en países desarrollados como en desarrollo, se prevén escenarios con efectos positivos y escenarios con mucha incertidumbre.

Una de las tesis planteadas consiste en que la evolución hacia un paradigma dominado por las tecnologías digitales y entornos cada vez más turbulentos requiere de parte de las empresas el desarrollo, cada vez en menor tiempo, de capacidades dinámicas para identificar amenazas, adaptarse al mercado y transformarse (Sampedro y Tapia, 2023). El desarrollo de estas capacidades no es automático ni lineal, para las empresas, por ejemplo, implica esfuerzos importantes de inversión en activos tangibles e intangibles como el conocimiento, del diseño de estrategias tecnológicas de exploración y explotación de conocimiento, para los Estados implica el diseño e implementación de diversas estrategias de política pública para promover la transición tecnológica en el marco de la Industria 4.0.

Uno de los debates actuales consiste en cómo las TDD cambiarán la manufactura, los procesos industriales, los servicios, los hábitos de consumo y qué tipo de políticas públicas diseñar para el fomento, coordinación y gestión adecuada de esos cambios. Algunos países europeos como Alemania, Italia, Inglaterra, asiáticos como China, Corea del Sur o Japón, y americanos como Estados Unidos o Canadá han elaborado estrategias de mediano y largo plazo para que las empresas adopten las TDD. Algunas de las políticas implementadas son, por un lado, programas que fomentan en las PyMEs el diseño de estrategias tecnológicas para la adopción de TDD, programas de capacitación constante ante la obsolescencia de ciertas capacidades tecnológicas, un incremento de programas para formar recursos humanos especializados en distintas áreas digitales, etc. (véase, por ejemplo, Boyer y Kokosy, 2022; Reischauer, 2018; Hervas-Oliver et al., 2021).

La evidencia muestra que, en países en desarrollo como los latinoamericanos, y en México en particular, se carece aún de una estrategia tecnológica consistente de mediano y largo plazo. Cincuenta años después de la aparición y difusión de las tecnologías de información y comunicación (TIC) aún hay regiones y organizaciones productivas que las han implementado de manera limitada debido a, por ejemplo, falta de infraestructura adecuada (internet, electricidad, etc.), insuficiencia de inversión en equipo, falta de personal capacitado para un uso eficiente de las TIC, ineficacia de las políticas públicas o ausencia de una política industrial y tecnológica, etc. La consecuencia de esto es un bajo desempeño organizacional, una incipiente tasa de innovación y pérdida de competitividad de los sectores productivos. Actualmente, esos rezagos y retos tecnológicos se ven acrecentados por las nuevas TDD cuya tasa de



difusión va incrementándose rápidamente y ampliándose a diversos sectores productivos. Ante esto oscila la pregunta sobre cuál debe ser el rol de la política pública.

El objetivo de este trabajo es explorar desde una perspectiva evolutiva el rol de las políticas públicas, particularmente de las políticas de innovación, en la revitalización de las organizaciones productivas y en su transición tecnológica hacia la I4.0. Las preguntas de investigación planteadas son: ¿En qué sentido las políticas de innovación impulsan la revitalización y transición de las organizaciones productivas hacia la I4.0? ¿Cuál es el rol y la especificidad de las políticas de innovación en los procesos de adopción de TDD en los sectores productivos? La proposición planteada es que, las estrategias públicas de innovación juegan un rol cada vez más importante en los procesos de adopción de TDD en las organizaciones productivas, sobre todo de las PyMEs, crean un marco regulatorio e institucional para su revitalización y transición hacia la adopción de TDD y coadyuvan en la reducción de la incertidumbre y los costos de transacción asociados a la adopción de las TDD.

A partir de una exploración sistemática de la literatura (ESL) de los artículos publicados en SCOPUS y Web of Science de los últimos años, se analizan las estrategias y programas específicos de políticas públicas diseñadas e implementadas en países seleccionados de Europa, Asia y América para impulsar la revitalización y transición de las organizaciones productivas hacia la I4.0.

Gran parte de los artículos analizados tienen como objeto de estudio las políticas públicas de países desarrollados, la evidencia para países en desarrollo aún es limitada, sin embargo, los resultados de este estudio tienen implicaciones tanto teóricas como empíricas para países como México.

La estructura del trabajo es la siguiente: en el apartado uno se describe la metodología. En el siguiente apartado se describe de manera general el marco teórico y la relevancia de las políticas de innovación en las últimas décadas. En el apartado tres se presentan los resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones, las implicaciones teóricas y empíricas.

MARCO TEÓRICO

Un punto de partida de las políticas de innovación

El estudio de las políticas de ciencia y tecnología se ha abordado desde tres enfoques analíticos: los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, los estudios sobre innovación y los estudios que analizan la evolución de las políticas científicas a los modelos interactivos. Los primeros se han centrado en conceptos y dimensiones analíticas como la cohesión, la gobernanza y el poder, los segundos en indicadores de ciencia, tecnología e innovación (CTI) y articulados con la economía evolutiva y de manera particular con el enfoque de los sistemas nacionales de innovación, los últimos se han centrado en los procesos de innovación (Martin, 2012).

Este autor caracteriza la evolución de las políticas de ciencia y tecnología a través de tres etapas. La primera iniciada entre las décadas de los cincuenta y setenta es dominada por el enfoque de la oferta cuyos esfuerzos se orientaron a fortalecer las capacidades de ciencia y tecnología (CyT); la segunda iniciada entre las décadas de los setenta y ochenta, enmarcada en la economía evolutiva con predominio de modelos denominados interactivos; la tercera surge en la década de los noventa y se centró en la política de innovación, a la cual se integró de manera parcial la CyT. Desde la década de los setenta, en el análisis de las políticas se incluyen dimensiones como la planeación científica y tecnológica, la prospectiva, la evaluación de planes y programas, así como el diseño de indicadores y la medición.

El enfoque centrado en la oferta prevaleció hasta los ochenta, el enfoque centrado en la demanda y orientado al desarrollo tecnológico hasta finales de los noventa. Y a principios de la década del 2000 se instala en países latinoamericanos, de manera menos extensa con respecto a los países más innovadores, el enfoque sistémico orientado a la competitividad e innovación empresarial (Dutrénit et al., 2017). Desde entonces, los enfoques sobre la política de CTI se han ampliado y profundizado tanto en sus dimensiones analíticas como en los fines que persigue, por ejemplo, durante las últimas dos décadas se ha tratado de orientar el diseño de las políticas a la atención de los problemas sociales, las tecnologías emergentes, la inclusión social (Vasen, 2016), la atención de problemas locales (van der Have y Rubalcaba, 2016), y el desarrollo de proyectos con valor social (Wallace y Rafols, 2015).

Para el caso de México se ha evidenciado el predominio de las políticas de CTI orientadas a la competitividad, pero con un bajo impacto en el crecimiento económico y la resolución de los problemas sociales. Y en los últimos años surgió un amplio interés por poner en el centro el enfoque de redes de conocimiento, proveniente del campo de los estudios sociales de la CyT y asociado a una perspectiva local y regional, para el diseño de políticas de CTI que impulse la participación, colaboración, innovación e inclusión social (Casas, 2015; Casas et al., 2013), diseño que aún tiene el reto de la integración horizontal con otras políticas públicas (Casas et al., 2014).

Breve panorama en México de las políticas de innovación

La política de innovación en México se explica en el marco de las políticas de CTI de la década de los ochenta y noventa. Corona et al. (2013) analizaron la evolución de las políticas de CTI en México e identificaron tres etapas. La primera surgida entre 1935-1970, enmarcada en el modelo de sustitución de importaciones y el surgimiento de los primeros agentes de CyT. La segunda entre 1970-1982, etapa en la que se diseñan las primeras políticas explícitas y organismos formales de CyT como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). La tercera surgida entre 1982-2000, dominada por la crisis y reestructuración de la economía y las políticas de CTI. Estos autores argumentan que a partir de la década del 2000 se realizaron cambios institucionales y se puso un mayor énfasis en la innovación, aunque la estrategia estuvo orientada en mayor medida hacia la oferta.

Entre el 2001 y 2012 hubo cambios de diseño institucional, legislativos y normativos con la aspiración de configurar una política de estado. Por un lado, se incorporó a la innovación como un elemento central y estratégico, así como la descentralización de recursos. Por otro, se logró la independencia del CONACYT y la creación de organismos como el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología, la Red Nacional de Centros de Ciencia y Tecnología (Red NACECYT), se diseñaron nuevos programas federales para incentivar la CTI como los Fondos Sectoriales, Fondos Mixtos (FOMIX), el Programa de Estímulos Fiscales (PEF), Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), etc. Este rediseño incluyó la configuración de marcos legales, normativos, estructura de incentivos y financiamiento.

Sin embargo, lejos de esa aspiración, en diversos estudios se ha evidenciado, por ejemplo, una insuficiencia de mecanismos de coordinación interinstitucional, particularmente una débil coordinación con la academia y sector productivo (Silva Payró et al., 2016), a partir de 2018 se profundiza la desarticulación del sistema de CTI del país con la disminución de recursos económicos y la incertidumbre que ha creado la falta de regulaciones claras (Díaz y Sampedro, 2023). En otros estudios se muestra una falta de continuidad de los programas al desaparecer algunos como el PEF y el programa de Alto Valor Agregado en Negocios con Conocimiento y Empresarios (AVANCE) (Jaso y Corona, 2014), y la efectividad parcial de los programas que presentan logros fragmentados asociados a las diferentes condiciones institucionales donde se aplican y efectos no deseados de las mismas (Díaz y Sampedro, 2023). Algunos de los efectos de los incentivos, y el conjunto de factores analizados en algunos estudios, muestran la generación de asimetrías en las redes de investigación, asignación desigual de recursos por las diferencias en las condiciones (estatales, organizacionales, de trabajo) en los receptores (Anzaldo et al., 2014; Medina-Arellano, 2012; Rosales, 2013; Suarez y Dutrénit, 2015). Es notable la insuficiente inversión en CTI, tanto de parte del Estado como de las empresas, éstas tienen un bajo nivel de innovación (Solleiro-Rebolledo et al., 2019) debido, en parte, a un pobre sistema de incentivos para generar capacidades de innovación (Guerra, 2019).

A lo anterior se suma la centralización de recursos humanos altamente habilitados y recursos financieros en pocas entidades federativas, así como una clara divergencia entre ciencia básica y aplicada (Ruiz Gutiérrez, 2012), falta de incentivos para que la investigación se oriente a resolver problemas locales, regionales y nacionales (Álvarez, 2012). Los efectos no deseados y las inconsistencias de las políticas de CTI han acentuado las desigualdades, por ejemplo, los estudios de Tello y Flores (2019) y Flores Payan y Tello Medina (2021) encontraron desigualdades entre los estados del país como efectos del PEI y otros programas de fomento a la innovación.

Las políticas orientadas a la demanda han mostrado un mayor efecto en la creación de oportunidades de innovación (Díaz y Alarcón, 2018), pero en varios estudios se advierte aún una insuficiencia de marcos institucionales y mecanismos de regulación para el desarrollo de ciertos campos tecnológicos, como el de las células madre (Medina-Arellano, 2012), agroindustria (Rosales, 2013), telemedicina (Sampedro, 2013), nanotecnología (Suarez y

Dutrénit, 2015), nanomedicina (Sampedro et al., 2019), y actualmente para el desarrollo de las TDD, por mencionar sólo algunos.

La difusión de las TDD avanza a un ritmo cada vez más acelerado de lo que lo hicieron las TIC. En la medida en que el rediseño y la adaptación de las políticas públicas de innovación en el contexto de la I4.0 sea lenta, con pocos recursos humanos y financieros, una pobre estructura de incentivos para la coordinación entre actores y un lento desarrollo de capacidades tecnológicas de las empresas, la I4.0 perpetuará la insuficiente capacidad de innovación de las organizaciones productivas y acentuará las desigualdades.

En este escenario, el Estado debe asumir su papel como generador de las condiciones institucionales para la innovación, por su puesto, en concordancia con el desarrollo y fomento de la CyT. En el contexto de la I4.0, por la naturaleza del desarrollo tecnológico de las TDD, se requiere de la transversalidad en el diseño de las políticas para la innovación abierta, acciones concretas de corto, mediano y largo plazo, con un enfoque estratégico sistémico, de cooperación y coordinación para acelerar las dinámicas de aprendizaje e innovación.

Si bien el marco de las políticas de CTI es útil para explicar de manera holística la complejidad del desarrollo de estas dinámicas de aprendizaje e innovación, se corre el riesgo de perder particularidad. En el entorno de la I4.0 es de vital importancia focalizar esfuerzos y recursos en programas y acciones específicas. En el próximo apartado se mostrará evidencia sobre diversas políticas de innovación implementadas en países seleccionados en el marco de la I4.0.

METODOLOGÍA

La metodología consiste en realizar una exploración sistemática de literatura (ESL) de las políticas de innovación implementadas para la transformación digital en diversos países de Asia, Europa y América. Con esta revisión se intenta conocer las contribuciones más importantes de los artículos publicados en SCOPUS y Web of Science de los últimos años, así como resaltar los temas de investigación emergentes y futuros.

Los criterios de búsqueda en las bases de datos fueron los siguientes: “Industry 4.0, policy, policies, law, laws, legislation” a través del uso de operadores booleanos AND/OR. La búsqueda se hizo entre julio y agosto de 2023. Se consideraron sólo artículos publicados. La selección inicial fue de 34 artículos en Web of Science y 32 en SCOPUS. Después de una depuración de ambas bases se incluyeron en el análisis 34 artículos, los criterios de inclusión fueron: que el título incluyera los términos *industry 4.0*, y/o *policy or policies or law or laws or legislation*, la relevancia en el contexto de la I4.0 y haber pasado por dictamen según los criterios de la revista en la que se publicó el artículo.

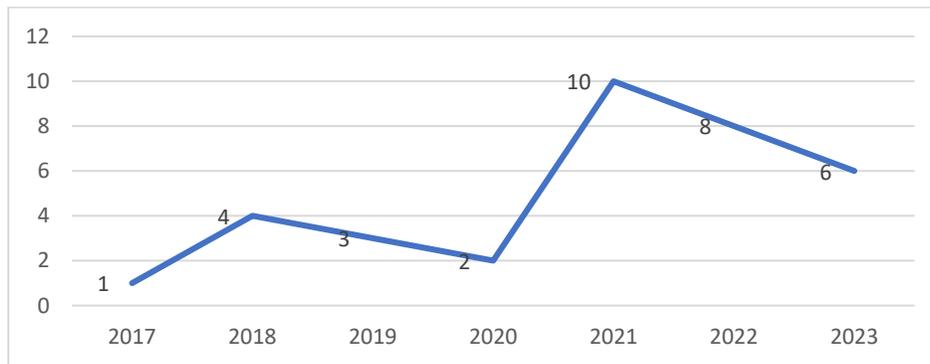
En el análisis descriptivo se incluyó el número de publicaciones por año, el número de citas por año y por artículo, el número de autores por artículo y las principales revistas de publicación. La codificación, sistematización y análisis de contenido se hizo con el apoyo del software NVIVO para minimizar errores en la interpretación de los resultados.

RESULTADOS

Descripción de tendencias de publicación de artículos

El análisis de las políticas desde una perspectiva evolutiva y su relación con la I4.0 se encuentra en una etapa incipiente. Como se muestra en la figura 1, el primer artículo identificado se publicó en 2017, después la tendencia creció hasta 2021 y se estabilizó en 6 publicaciones, sin embargo, hasta agosto de 2023 ya se habían publicado 6 artículos solo en este año (gráfica 1). Esto muestra un campo académicamente fértil para el análisis de las políticas de innovación en el marco de la I4.0. Por ahora hay un fuerte sesgo de publicaciones que analizan esas relaciones en países asiáticos como China y europeos desarrollados como Alemania y Reino Unido, sólo tres artículos analizaron las políticas de innovación de países emergentes (Brasil, Taiwán y Malasia).

GRÁFICA 1. DISTRIBUCIÓN DE ARTÍCULOS POR AÑO



Fuente: Elaboración propia.

El reporte del número de citas hasta agosto de 2023 se concentra en el año 2018, con 4 artículos y 263 citas en total, aunque el promedio anual es superior en 2017. (tabla 1). De manera notable resalta el artículo de Reischauer, G. de 2018, con 224 citas.

TABLA 1. TENDENCIA DE CITAS Y NÚMERO DE ARTÍCULOS POR AÑO

Año	Núm. de artículos	Citas totales
2017	1	111
2018	4	263
2019	3	111
2020	2	29
2021	10	70
2022	8	41
2023	6	21

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se muestran los artículos con mayor influencia según la tendencia de citas. Dos de los artículos de mayor influencia son el de Reischauer (2018) y (Lin et al. (2017). Ambas publicaciones son dos de las más importantes para el análisis de este trabajo. También se muestra una heterogeneidad en el tipo de revistas, las 5 principales revistas tienen una publicación con la mayor tendencia de citas. En la mayoría de las publicaciones aparecen 3 o más autores.

TABLA 2. AUTORES CON MAYOR INFLUENCIA SEGÚN LA TENDENCIA DE CITAS

Autores	Título	Año	Revista	Citas	Núm. de autores
Reischauer, G.	Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing.	2018	Technological Forecasting and Social Change	224	1
Lin, KC; Shyu, JZ; Ding, K.	A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition.	2017	Sustainability	111	3
Kuo C.-C.; Shyu J.Z.; Ding K.	Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA.	2019	Global Transitions	58	3
Hervas-Oliver, JL; Estelles-Miguel, S; Mallol-Gasch, G; Boix-Palomero, J	A place-based policy for promoting Industry 4.0: the case of the Castellon ceramic tile district.	2019	European Planning Studies	44	4
Hervas-Oliver, JL; Gonzalez-Alcaide, G; Rojas-Alvarado, R; Monto-Mompo, S	Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions.	2021	Competitiveness Review	33	4

Fuente: Elaboración propia.

Estrategias de política pública para la I4.0

La I4.0 presenta retos importantes para las economías del conocimiento, sus industrias y organizaciones productivas. La velocidad de difusión de las TDD parece ser mayor a la velocidad de difusión que tuvieron las TIC, lo que implica que las organizaciones productivas deben actualizar sus capacidades tecnológicas y de innovación para adoptarlas eficientemente. Ante esto, algunos países y regiones han sido proactivos en el diseño de estrategias con programas y acciones concretas de política pública para acompañar el proceso de transformación digital de sus empresas. Como veremos a continuación, una de las más importantes es la revitalización industrial.

Políticas de revitalización industrial

En el pasado, las políticas de innovación fueron desarrolladas desde la perspectiva de la oferta, en las últimas décadas diversos países han elaborado políticas desde la perspectiva de la demanda, y recientemente algunos países han diseñado e implementado políticas desde la perspectiva medioambiental. Kuo et al. (2019) toman esta estructura para comparar las políticas de innovación de Alemania, Estados Unidos de América y China en el contexto de la I4.0. Entre las categorías de análisis consideran, desde la perspectiva de la oferta, estrategias para un incremento y mejora de los recursos humanos, el capital, conocimiento, tecnologías, información, entre otros, para promover la innovación. Desde la perspectiva de la demanda incluyen estrategias para reducir la incertidumbre del mercado y guiar la dirección de la innovación estimulando la ciencia y la tecnología. La perspectiva medioambiental incluye estrategias innovadoras para regular las actividades de innovación a través de factores ambientales. A partir de esta estructura analítica, los autores analizaron las distintas políticas y estrategias de los tres países y encontraron que tienen programas de política en relación con las tres estrategias, sin embargo, Estados Unidos y Alemania tienen una orientación principalmente hacia la demanda, mientras que China hacia la medioambiental.

En otros estudios con similar estructura analítica se analizaron comparativamente las políticas de innovación y sus estrategias en diversos países. Los trabajos de Rodrigues et al. (2021), entre otros, abonan en esta dirección. En la experiencia de diversas economías, y en particular desde una perspectiva de la demanda, las políticas de innovación deben fomentar la cooperación, la integración económica regional a partir de mecanismos de una competencia cooperativa, desarrollar instituciones o regular a los actores en función de las políticas económicas, de comercio exterior, de desarrollo industrial, educativas y laborales (Kuo et al., 2019). Estas políticas al final impactan en la competitividad de los sectores productivos y las economías. En la tabla 3 se sintetizan los resultados para países seleccionados.

TABLA 3. ORIENTACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE FOMENTO DE LA I4.0, PAÍSES SELECCIONADOS

País	Marca de la política	Orientación de la política	Énfasis de las políticas (revitalización industrial)
Alemania	Industry 4.0 (2013)	Demanda	Generación e integración de TDD para la manufactura de alto valor.
Estados Unidos	Advanced Manufacturing Partnership Programa (2014)	Demanda	Creación de empleos, reconstruir la competitividad de la manufactura.
China	Made in China 2025 (2015)	Medioambiental	Regulación, marcos normativos legales, sustentabilidad.
Reino Unido	Manufactura de Alto Valor (2013)	Demanda	Apoyo a la manufactura de alto valor y la innovación de productos, procesos y servicios.

Japón	Industry 4.0 (2015)	Demanda	Creación de un entorno adecuado para la inversión en TDD e I+D en la manufactura y servicios.
Corea del Sur	Strategy for Innovation in Manufacturing Industry 3.0 (2014)	Demanda	Revitalización industrial
Taiwan	Productivity 4.0	Oferta	Apoyo para el escalamiento de la manufactura industrial. Educación, capacitación, sustentabilidad.

Fuente: Elaboración propia con base en diversos autores.

Una línea de análisis complementaria a la anterior se ubica en lo que, desde una perspectiva de desarrollo industrial, se considera como revitalización de la manufactura. Diversos países han diseñado e implementado políticas para revitalizar sus industrias en el marco de la I4.0. Países como Alemania, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, China o Taiwán han adoptado un enfoque pragmático de las políticas. Para autores como Reischauer (2018) y Kuo et al. (2019) estos países plantearon como estrategia de política de innovación la revitalización industrial ante el avance en la difusión de las TDD, no sólo para fomentar la oferta y adopción de TDD sino para desarrollar infraestructura e instituciones propicias que permitan el desarrollo desde el lado de la demanda y la sustentabilidad.

La revitalización industrial implica la promoción de nuevas estrategias tecnológicas para transformar digitalmente la manufactura, particularmente de las Pymes, y reevaluar el trabajo de las personas a través de la implementación de sistemas productivos inteligentes (Da Roit & Iannuzzi, 2023). Las estrategias de revitalización entre un país y otro varían debido a las diferencias en la madurez tecnológica de los sectores industriales, no obstante, han tratado de responder a la influencia y la alta tasa de difusión de las TDD ya sea importándola o desarrollando internamente.

Los objetivos de estas políticas se han orientado al fortalecimiento de los sistemas nacionales/regionales de innovación para facilitar la tasa de difusión e integración de TDD, la vinculación de las necesidades técnicas de las industrias tradicionales o con bajo contenido tecnológico, y el incremento de sus capacidades tecnológicas y de innovación. Al mismo tiempo, las políticas han proveído los recursos suficientes para el desarrollo industrial y el progreso social (Kuo et al., 2019).

Sin embargo, la revitalización sobre las regiones rezagadas no siempre es eficaz. Barzotto et al., (2020) analizaron la importancia de facilitar la transformación industrial y tecnológica en las regiones europeas a partir de sus fortalezas regionales existentes, y no sólo replicando lo que otras regiones hacen o importan de otros países. Aun teniendo un buen diseño de políticas de innovación, si las regiones cuentan con empresas débiles, pocas competencias y habilidades, bajo desarrollo tecnológico, un pobre ecosistema de emprendimiento y pocas redes sociales, esto puede minar la política de innovación. Un punto central, desde esta perspectiva regional, es la colaboración coordinada entre las regiones, sus empresas e instituciones, reconocimiento sus diferencias y promoviendo las

complementariedades y la fertilización cruzada de ideas para cerrar las brechas y mejorar el aprendizaje en esos tópicos en el contexto de la I4.0.

En esta línea, Bilbao-Ubillos et al. (2021) argumentan sobre las diferencias de los problemas regionales y la necesidad de que las políticas consideren la naturaleza diversificada de los sectores industriales y las estrategias para su transformación tecnológica. Diversos factores han entrado en juego, como la velocidad de difusión y la obsolescencia de ciertas capacidades tecnológicas ante la adopción de las TDD; y algunos condicionantes han sido importantes en la implementación de políticas de innovación y la transformación digital, tales como la madurez democrática de los estados nación, el buen desarrollo de los sistemas nacionales/regionales de innovación, una apropiada promoción de la competencia y de la regulación pública, el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico, una correcta vigilancia para que el desarrollo de las TDD no transgreda el bienestar e interés público (Kuo et al., 2019), entre otros.

Temas emergentes de política para la I4.0

Desde 2017 ha habido un mayor énfasis de publicaciones sobre las políticas de innovación industrial para fomentar el desarrollo y adopción de la I4.0, pero cada vez más con la inclusión de otras dimensiones analíticas. Es decir, la revitalización industrial o la promoción de la transformación digital incluye dimensiones analíticas como la sustentabilidad, la innovación abierta, la relocalización industrial, etc. Por ejemplo, entre los trabajos más citados, se encuentran los análisis comparativos de políticas nacionales en un contexto de desarrollo sustentable (Lin et al., 2017) y desarrollo regional (Hervas-Oliver et al., 2023), el diseño de políticas de innovación regional para facilitar la introducción de la I4.0 en las regiones, particularmente en las europeas (Hervas-Oliver et al., 2021), institucionalización de los sistemas de innovación a través del discurso de las políticas de innovación (Reischauer, 2018). A continuación, se describen brevemente algunas de las dimensiones más importantes que se incluyen en el estudio y diseño de las políticas de innovación para la I4.0.

a. Sustentabilidad

Uno de los temas con mayor reconocimiento entre los investigadores es la dimensión social y medioambiental en los procesos de adopción de las TDD. Los trabajos de Fritzsche et al. (2018), Kuo et al. (2019), entre otros, abordan el proceso de transformación digital, revitalización industrial e innovación desde estas dimensiones. El argumento central consiste en que la I4.0 está fuertemente asociada con un alto potencial de desarrollos digitales para mejorar la eficiencia energética en el sector industrial y mitigar el cambio climático. China es un claro ejemplo de esto, se ha centrado en aspectos regulatorios, legales y políticos de las políticas ambientales, así como en servicios públicos y políticas centradas en la demanda. Taiwán también se ha centrado en políticas ambientales, pero con mayor énfasis en aspectos de la oferta como la educación y capacitación (Lin et al., 2017).

b. Innovación abierta

Otro de los temas emergentes es el rol de la innovación abierta en la adopción de las TDD en las Pymes. Las prácticas asociadas al enfoque de la innovación abierta pueden incidir en la adopción de las TDD, sobre en todo en las Pymes, y acelerar el aprendizaje colaborativo y la creación de valor (Naruetharadhol et al., 2022). En esta dimensión analítica, la cooperación intensa con los implicados (industria, academia) es crucial para el éxito de las estrategias de política pública (Kuo et al., 2019).

c. Colaboración, cooperación y coordinación

En otro grupo de investigaciones se explicita el trabajo colaborativo entre empresas bajo el concepto de clúster, denominado clúster industrial digital y considerado como una herramienta de política para el desarrollo de la economía digital (Fernandez-Escobedo et al., 2023). Bajo esta perspectiva, la proximidad geográfica, la aglomeración digital, las interrelaciones entre empresas, la innovación, la competitividad y la transferencia de recursos toman un papel relevante en el diseño de las políticas industriales y de innovación en el contexto de la I4.0. Otros estudios como los de Hervás-Oliver (2021); Hervás-Oliver et al. (2019); Hervás-Oliver et al., (2023); utilizan el concepto de distritos industriales para el análisis de políticas orientadas *bottom-up* y codiseñadas por los responsables de la formulación de políticas y negociadas con los actores locales, particularmente Pymes; la construcción de proyectos colectivos y la cooperación entre los actores involucrados es clave para la transición digital y el desarrollo de los distritos industriales.

d. Relocalización industrial

Una dimensión paralela a la anterior es la relocalización industrial de las empresas multinacionales en aquellos países donde es posible explotar más las tecnologías avanzadas, sin prescindir de los incentivos fiscales a la inversión extranjera directa (IED) que impactan directamente en la reducción de costos y aumentan la productividad. Las políticas de innovación se pueden orientar a estos aspectos y a implementar procesos interactivos de aprendizaje como lo hace evidente Barbieri et al. (2022).

e. Pymes

En diversos estudios las Pymes son el objeto de estudios de las políticas de revitalización, transformación digital o innovación (Govindarajo et al., 2021; Hervás-Oliver, 2021, entre otros), en particular para adoptar las TDD y mejorar su desempeño organizacional, su competitividad e innovación.

Otros temas de interés en el desarrollo e implementación de las TDD son los derechos de propiedad, las políticas laborales y de desarrollo y capacitación de los recursos humanos (Kondrat'ev et al., 2022).

Políticas de innovación para la I4.0 en México

En México se aprecia una mayor orientación de las políticas de innovación aún hacia la oferta, pero aun es inexistente una política de innovación en el marco de la I4.0. Sin embargo, se aprecian procesos *bottom-up* como en el caso de China, aunque con ciertas limitaciones pues no existe aún una política de innovación nacional para la I4.0 de largo plazo que oriente las trayectorias y los esfuerzos regionales de estados como Guanajuato o Nuevo León. En el caso de Guanajuato, por ejemplo, el Plan Estatal de Desarrollo 2040, los programas y acciones como el “Valle de la Mentefactura”, el papel de las agencias de la política de ciencia y tecnología como el Concyteg, las universidades y centros públicos de investigación, el desarrollo de clústeres digitales, así como la búsqueda mecanismos para acceder a patentes libres, etc., están configurando el ecosistema innovador del estado para promover la adopción y desarrollo de las TDD. Se vislumbran retos para vincular la academia con el sector industrial, la ciencia básica con el desarrollo tecnológico, reducir las brechas locales en el acceso a las TIC, mejorar los mecanismos de intermediación entre los actores del sistema, fortalecer las habilidades digitales, entre otros.

CONCLUSIONES

Los países y sus políticas de innovación en el marco de la I4.0, en general, buscan incrementar la calidad de la manufactura, mejorar las capacidades de innovación, la productividad laboral, la competitividad y lograr la integración entre la industrialización y la digitalización.

Diversos estudios revisados en este trabajo muestran que las políticas de innovación incluyen a las políticas de CyT, en el contexto latinoamericano se perciben al contrario, lo relevante de esta discusión es la relación cada vez más coordinada y estratégica entre las distintas políticas y programas de la CTI para promover, desarrollar y fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de las regiones, sectores y organizaciones productivas, tanto en el corto como en el mediano y largo plazo.

En el caso de México, las políticas de innovación están insertas en las políticas generales de ciencia, tecnología e innovación (PCTI), las cuales fomentan la integración de un sistema nacional de innovación (SNI) pero con efectos no deseados y diversas inconsistencias como el escaso financiamiento para que las empresas (en particular las Pymes) adopten las TDD, una baja promoción de la inversión en I+D de nuevas TDD. Las políticas de innovación deben promover y fomentar que las empresas, sobre todo las Pymes, accedan a nuevas estrategias y herramientas de gestión, nuevos modelos de innovación, etc., lo que les permitirá reestructurar sus estrategias de las cadenas de valor y orientar la organización hacia la innovación.

Las dimensiones como la sustentabilidad, la regulación en el diseño de las TDD, la ciberseguridad, calidad, confiabilidad y la ética son aspectos clave que se integrarán a las políticas de innovación en el marco de la I4.0. También será crucial un marco institucional propicio que permita el diseño de estructuras de incentivos para la inversión privada, la cual

sigue siendo muy baja para el caso mexicano, así como para una mayor interacción entre empresas (por ejemplo, a través de *joint-ventures*, nuevos emprendimientos, etc.) y entre éstas y las instituciones de educación superior y centros públicos de investigación. 

REFERENCIAS

- Anzaldo, M., Chauvet, M., & Maldonado, L. A. (2014). Fondos públicos para la investigación en nanotecnologías en México y el cambio de paradigma de la política de CTI. *NTERCIENCIA*, 39(1), 8–15.
- Barbieri, P., Boffelli, A., Elia, S., Fratocchi, L., & Kalchschmidt, M. (2022). How does Industry 4.0 affect international exposure? The interplay between firm innovation and home-country policies in post-offshoring relocation decisions. *International Business Review*, 31(4), 101992. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2022.101992>
- Barzotto, M., Corradini, C., Fai, F., Labory, S., & Tomlinson, P. R. (2020). Smart specialisation, Industry 4.0 and lagging regions: some directions for policy. *Regional Studies, Regional Science*, 7(1), 318–332. <https://doi.org/10.1080/21681376.2020.1803124>
- Bilbao-Ubillos, J., Camino-Beldarrain, V., & Intxaurburu-Clemente, G. (2021). Industry 4.0, proximity constraints and new challenges for industrial policy. *European Planning Studies*, 29(2), 329–345. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1753660>
- Boyer, J., & Kokosy, A. (2022). Technology-push and market-pull strategies: the influence of the innovation ecosystem on companies' involvement in the Industry 4.0 paradigm. *The Journal of Risk Finance*, 23(5), 461–479. <https://doi.org/10.1108/JRF-12-2021-0193>
- Casa, R., Corona, J. M., & Rivera, R. (2014). Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina: entre la Competitividad y la Inclusión Social. In Siglo XXI (Ed.), *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad* (pp. 352–364).
- Casas, R. (2015). Hacia un enfoque analítico y de políticas para las interacciones entre ciencia, universidad y sociedad en la región latinoamericana. *Cuestiones de Sociología*, 12, 1–19. <https://www.researchgate.net/publication/281038113>
- Casas, R., Corona, J. M., Jaso, M., Vera-Cruz, A. O., Caballero Hernández, R., & Rivera, R. (2013). *Construyendo el diálogo entre los Actores del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación* (Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología, Ed.; 1a ed.). www.foroconsultivo.org.mx
- Corona, J. M., Dutrénit, G., Puchet, M., & Santiago, F. (2013). La co-evolución de las políticas de CTI, el sistema de innovación y el entorno institucional en México. In G. A. Crespi & G. Dutrénit (Eds.), *Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo La experiencia latinoamericana* (pp. 21–50). Foro consultivo, científico y tecnológico, AC / LALICS. <https://www.researchgate.net/publication/319109889>
- Da Roit, B., & Iannuzzi, F. E. (2023). One of many roads to industry 4.0? Technology, policy, organisational adaptation and worker experience in 'Third Italy' SMEs. *New Technology, Work and Employment*, 38(2), 252–271. <https://doi.org/10.1111/ntwe.12241>
- Díaz, C., & Alarcón Osuna, M. A. (n.d.). *Ciencia, tecnología e innovación en México: un análisis de la política pública*.
- Dutrénit Bielous, G., Natera, J. M., Puchet Anyul, M., Torres Vargas, A., & Oliveira Vera-Cruz, A. (2017). Dimensiones y Atributos Relevantes de los Procesos de Diálogo entre Comunidades para el Diseño de Políticas Públicas de CTI. In L. CLACSO; CYTED (Ed.), *Procesos de Diálogo para la formulación de políticas de CTI en América Latina y España* (pp. 37–71).
- Fernandez-Escobedo, R., Eguía-Peña, B., & Aldaz-Odrizola, L. (2023). Economic agglomeration in the age of Industry 4.0: developing a digital industrial cluster as a new policy tool for the digital world. *Competitiveness Review: An International Business Journal*. <https://doi.org/10.1108/CR-07-2022-0095>

- Fritzsche, K., Niehoff, S., & Beier, G. (2018). Industry 4.0 and Climate Change—Exploring the Science-Policy Gap. *Sustainability*, 10(12), 4511. <https://doi.org/10.3390/su10124511>
- Govindarajo, N. S., Kumar M, D., Shaikh, E., Kumar, M., & Kumar, P. (2021). Industry 4.0 and Business Policy Development: Strategic Imperatives for SME Performance. *ETIKONOMI*, 20(2), 239–258. <https://doi.org/10.15408/etk.v20i2.20143>
- Hervás-Oliver, J.-L. (2021). Industry 4.0 in industrial districts: regional innovation policy for the Toy Valley district in Spain. *Regional Studies*, 55(10–11), 1775–1786. <https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1939861>
- Hervas-Oliver, J.-L., Estelles-Miguel, S., Mallo-Gasch, G., & Boix-Palomero, J. (2019). A place-based policy for promoting Industry 4.0: the case of the Castellon ceramic tile district. *European Planning Studies*, 27(9), 1838–1856. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1642855>
- Hervas-Oliver, J.-L., Estelles-Miguel, S., Peris-Ortiz, M., & Belso-Martínez, J. A. (2023). Does regional innovation policy really work for Industry 4.0? Evidence for industrial districts. *European Planning Studies*, 31(7), 1358–1376. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2135368>
- Hervas-Oliver, J.-L., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., & Monto-Mompo, S. (2021a). Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 31(1), 106–129. <https://doi.org/10.1108/CR-12-2019-0159>
- Hervas-Oliver, J.-L., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., & Monto-Mompo, S. (2021b). Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 31(1), 106–129. <https://doi.org/10.1108/CR-12-2019-0159>
- Jaso Sánchez, M. A., & Corona Alcántar, J. M. (2014). Las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación 2001-2012: Avances, problemas, y desafíos. In UAM-X (Ed.), *La Economía Mexicana en la Alternancia Panista* (pp. 329–349).
- Kondrat'ev, V., Popov, V., & Kedrova, G. (2022). Industrial Policy Priorities under Industry 4.0. *World Economy and International Relations*, 66(3), 73–80. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-3-73-80>
- Kuo, C.-C., Shyu, J. Z., & Ding, K. (2019). Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Global Transitions*, 1, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2018.12.001>
- Lin, K., Shyu, J., & Ding, K. (2017). A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition. *Sustainability*, 9(5), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su9050786>
- Martin, B. R. (2012). The evolution of science policy and innovation studies. *Research Policy*, 41(7), 1219–1239. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.012>
- Medina-Arellano, M. d. J. (2012). Contested secularity: Governing stem cell science in Mexico. *Science and Public Policy*, 39(3), 386–402. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs028>
- Naruetharadhol, P., Srisathan, W. A., Gebsoambut, N., Wongthahan, P., & Ketkaew, C. (2022). Industry 4.0 for Thai SMEs: Implementing Open Innovation as Innovation Capability Management. *International Journal of Technology*, 13(1), 48. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i1.4746>
- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.012>



- Rodrigues, T. V., dos Santos, V. H., Pontes, J., Martins, L. M., & Tadashi, R. (2021). Government initiatives 4.0: A comparison between industrial innovation policies for industry 4.0. *Gestao e Desenvolvimento*, 18(1), 1–30.
- Rosales, M. A. (2013). Incentives for agro-industrial and food biotechnology innovation in Mexico. *Innovation and Development*, 3(2), 318–319. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2013.833778>
- Sampedro, J. L., & Tapia, S. (2023). Capacidades dinámicas y revolución digital en la manufactura mexicana. *Ciencia*, 74(2), 42–49.
- Solleiro-Rebolledo, J. L., Castañón-Ibarra, R., & Martínez-Salvador, L. E. (2019). ANÁLISIS Y PROSPECTIVA DE LA POLÍTICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN MÉXICO. *Iuris Tantum*, 33(30), 285–308. <https://doi.org/10.36105/iut.2019n30.15>
- Suarez, M., & Dutrenit, G. (2015). The role of policy incentives in the reproduction of asymmetries within nanotechnology knowledge networks. *Science and Public Policy*, 42(1), 59–71. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu005>
- van der Have, R. P., & Rubalcaba, L. (2016). Social innovation research: An emerging area of innovation studies? *Research Policy*, 45(9), 1923–1935. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.06.010>
- Vasen, F. (2016). ¿Estamos ante un “giro poscompetitivo” en la política de ciencia, tecnología e innovación? *Sociologias*, 18(41), 242–268. <https://doi.org/10.1590/15174522-018004112>
- Wallace, M. L., & Rafols, I. (2015). Research Portfolio Analysis in Science Policy: Moving from Financial Returns to Societal Benefits. *Minerva*, 53(2), 89–115. <https://doi.org/10.1007/s11024-015-9271-8>



Como citar:

Sampedro Hernández, J. L. (2024) Políticas de innovación para la Industria 4.0: Una exploración de literatura. *Administración y Organizaciones*, 27(Especial).

<https://doi.org/10.24275/CPYX4708>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.



¿El Smart manufacturing es realmente una alternativa sustentable en los procesos de transformación industrial?

Is Smart manufacturing really a sustainable alternative in industrial transformation processes?

Ruth Selene Ríos Estrada^I, José Ignacio Ponce Sánchez^{II} y Graciela Carrillo González^{III}

Resumen

La fabricación industrial es una de las actividades productivas que ha tenido un impacto ambiental considerable ante la urgencia de minimizar los daños al planeta hay un interés por mejorar los procesos manufactura; en ese sentido, parecería ser que con la implementación de las tecnologías asociadas a la industria 4.0 se pueden eficientar las operaciones y así, hacerlas más sustentables. El objetivo de este artículo analizar y discutir la relación que tienen las tecnologías asociadas al smart manufacturing para conocer su impacto en los procesos industriales y sus posibilidades en la disminución de impactos ambientales. Este texto está basado en una revisión teórica que analiza las perspectivas críticas de la tecnología, utilizando como metodología una búsqueda bibliométrica para conocer la orientación de las investigaciones que se han generado a partir de la implementación del smart manufacturing en las organizaciones industriales. Los principales resultados derivados de este artículo intentar señalar que existe una contradicción entre el avance de la tecnología y el uso de recursos naturales.

Palabras clave: Gestión Industrial, Gestión ambiental, Análisis de datos, Capitalismo
Código JEL: E23, K32, L16

Abstract

Industrial manufacturing is one of the productive activities that has had a considerable environmental impact. Given the urgency of minimizing damage to the planet, there is an interest in improving manufacturing processes; In that sense, it would seem that with the implementation of technologies associated with Industry 4.0, operations can be made more efficient and thus make them more sustainable. The objective of this article is to analyze and discuss the relationship that technologies associated with smart manufacturing have to understand their impact on industrial processes and their possibilities in reducing environmental impacts. This text is based on a theoretical review that analyzes the critical perspectives of technology, using a bibliometric search as a methodology to understand the orientation of the research that has been generated from the implementation of smart manufacturing in industrial organizations. The main results derived from this article try to point out that there is a contradiction between the advancement of technology and the use of natural resources.

Keywords: Industrial Management, Environmental Management, Data Analysis, Capitalism.
JEL Code: E23, K32, L16

^IUniversidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana. Contacto: rriose@correo.xoc.uam.mx  0000-0002-8798-4190

^{II} Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Ciencias Sociales en el Área de Economía y Gestión de la Innovación por la Universidad Autónoma Metropolitana. Contacto: jiponce@correo.xoc.uam.mx  0000-0001-8560-4556

^{III} Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Jefa del Departamento de Producción Económica. Doctora en Economía por la Universidad de Barcelona. Contacto: graci2992@gmail.com  0000-0001-8969-5096

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en el marco del desarrollo tecnológico se hacen presentes nuevas posibilidades de aplicación tecnológica las cuales han permitido a las empresas eficientar sus procesos y servicios, ejemplo de ello, es la incorporación de las tecnologías asociadas a la industria 4.0 como son el big data, la integración de sistemas horizontales y verticales, la realidad aumentada, la manufactura aditiva, la ciberseguridad, los sistemas autónomos, la simulación, el internet de las cosas, la computación en la nube, la impresión 3D, la inteligencia artificial, la computación cuántica, la nanotecnología, la neurotecnología, la robótica, la biotecnología, los sistemas dealmacenamiento de energía y el uso de los drones.

A las empresas que optan por la adopción de estas tecnologías se les ha denominado *organizaciones inteligentes* por la independencia que han ganado los procesos de trabajo con el uso de redes interconectadas de información; en forma particular, coexisten *procesos inteligentes*, los que en el ámbito de la producción industrial se le conoce como *smart manufacturing*. Al utilizar estas herramientas tecnológicas las empresas pueden optimizar sus operaciones y controlar mejor sus recursos (tiempo, dinero, materiales, conocimiento) de manera que, actualmente, las organizaciones están transitando de operaciones semidigitalizadas a una interconexión integral que les permite contar con un alto grado de planeación en las operaciones gracias al control de la información y con ello, los procesos operan de acuerdo a los estándares reduciendo errores en la transformación y evitando reprocesos.

El supuesto es que con la implementación de procedimientos más sofisticados como el Smart manufacturing es posible lograr una disminución en el consumo de materiales lo que implicaría un beneficio en el plano ambiental, afirmación que ponemos a discusión y que se intenta dar los argumentos primarios en este documento; el objetivo de este artículo es analizar y discutir la relación que tienen las tecnologías asociadas al smart manufacturing para conocer su impacto en los procesos industriales y sus posibilidades en la disminución de impactos ambientales.

En el primer apartado de este artículo se hizo una caracterización de las tecnologías asociadas a la industria 4.0; en la que se explica de qué manera el smart manufacturing se distingue por centrar su valor en el análisis y el procesamiento de datos.

En la segunda parte, se presentan los resultados de un análisis bibliométrico que se basó en dos criterios de búsqueda el primero, se refiere a los artículos que ofrecen información sobre la implementación del smart manufacturing en los procesos de fabricación destacando sus ventajas y limitaciones y, el segundo, se concentró en la indagación de artículos que propusieran el desarrollo de marcos analíticos en torno a la relación del smart manufacturing y la sustentabilidad. La justificación de esta exploración se hizo para conocer las aproximaciones sobre el tema y particularmente, para averiguar si existen datos concretos que reflejen la implementación del smart manufacturing. A partir de esta revisión, fue posible contar con elementos para



responder a la pregunta central que guía nuestra inquietud ¿El smart manufacturing es realmente una alternativa sustentable en los procesos de transformación industrial?

La intención final del documento es iniciar una discusión teórica en torno a la ideología que está detrás de la tecnología. Esta reflexión se considera necesaria para posicionarse críticamente sobre la intersección que existe entre la tecnología y la sustentabilidad en el contexto de las urgencias del cuidado y preservación de los recursos naturales.

La premisa de la que se parte es que la tecnología puede ofrecer soluciones innovadoras para mitigar problemas ambientales, pero también, conlleva riesgos significativos al potencializar la producción de productos; en este sentido, la disminución en el uso de los recursos se pone en duda, pues solo el hecho de producir genera impactos significativos para el ambiente, por ello, se destaca la importancia de ir construyendo una mirada más neutral y ética en la integración de la tecnología a los procesos de fabricación antes de dar por sentado que puede tener efectos solo positivos en el ambiente. De no hacer esta discusión, estaríamos posicionándonos ingenuamente en una perspectiva eficientista con tintes de preocupaciones por el medio ambiente y, reproduciendo el discurso del tecnocapitalismo (Suárez-Villa, 2009) el cual plantea que la tecnología está al servicio del capital, reafirmando la perspectiva marxista del fetichismo tecnológico que se entiende como “el proceso de dotar a determinado objeto características que no son propias de su naturaleza, de su esencia, de su constitución en tanto objeto” (Marx, 2010, p.89), la fetichización, para el caso de nuestra discusión, se instaura cuando suponemos que la tecnología tiene vida propia, y se deja de reconocer que es producto derivado un proceso de trabajo social; resultado de todo un entramado de acciones humanas situadas y con ciertos intereses que se desarrolla en un ambiente natural.

Hoy en día, existen alternativas que prometen la disminución del impacto ambiental, lo cierto es que muchas de ellas se instalan en la moda de la *industria verde* y disfrazan las intenciones de producción irracional de las empresas, por ello, al último apartado de este texto se le denominó – la compleja relación entre la tecnología y la sustentabilidad– para después plantear unas reflexiones finales que intentan continuar con la discusión entorno a los procesos tecnológicos.

MECANISMOS DE OPERACIÓN DEL SMART MANUFACTURING

Los problemas comunes en la gestión de la producción son, entre otros, la escasa planeación de la producción que involucra la determinación exacta de los materiales, las inconsistencias de la información de los inventarios, la selección de la maquinaria adecuada, la organización de los recursos humanos necesarios para el trabajo fabril, el monitoreo en tiempo real de los problemas suscitados en el proceso productivo y la falta de información sobre el desempeño de la producción; sus impactos generan reprocesos y retrabajos que implican un costo adicional en la producción, además, las empresas son más vulnerables ante los costos asociados al incumplimiento de la entrega de producción, el entorpecimiento ante el

desabasto de materiales en las cadenas de suministro y la puesta en riesgo del modelo de negocio.

Con o sin el uso de la tecnología la gestión de la producción debe planearse, controlarse, organizarse y dirigirse de manera integral y óptima; quizá, entonces este sea el punto crítico en donde la administración de operaciones encuentra sus principales inconsistencias, en otras palabras, los procesos productivos de las empresas fabriles son el punto vulnerable en donde la falta de estándares de control y seguimiento continuo genera costos visibles y costos ocultos como los reprocesos o los retrabajos (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2007).

Las tecnologías asociadas al Smart manufacturing son las herramientas de software como el diseño y manufactura asistida por computadora, los sistemas para la gestión del ciclo de vida de los productos y el uso de software de análisis, a través de su aplicación es posible representar digitalmente cada aspecto de la manufactura desde el diseño de un producto hasta el proceso mismo de la fabricación y manufactura (Dalton, 2005, Yzunza, Izar y Bocarando, 2017). Considerando lo anterior, es posible desagregar la función de la producción en actividades como el diseño, la fabricación, el monitoreo, el control, el modelado y la predicción. Estos autores proponen un marco de referencia para de aplicación de herramientas tecnológicas que inicia con el diseño y fabricación inteligente, en esta etapa se contempla la creación de prototipos inteligentes, los controladores y los sensores inteligentes que pasan por el monitoreo, la operacionalización y el control de la implementación de sensores generalizados para lograr una toma de decisiones a través de una recopilación de datos integral. Así, se puede señalar que punto distintivo del smart manufacturig se encuentra en el *análisis de datos*. El manejo de la gran cantidad de ellos es relevante para los sistemas de fabricación porque a partir de su análisis se pueden generar acciones preventivas antes de tener un impacto directo en la producción.

Los sistemas de fabricación inteligente generan grandes volúmenes de información para operar ambientes complejos de producción y así, son capaces de obtener datos, almacenarlos, procesar cálculos, reportar incidencias y tomar decisiones oportunas. Dalton, 2005, Yzunza, Izar y Bocarando, 2017, señalan que las máquinas inteligentes son tecnologías físicas y virtuales que se comunican e interactúan entre sí, haciendo uso de sistemas de almacenamiento, lecturas de códigos, sincronización de datos en tiempo real; todos posibilitados por la tecnología de la información.

En sentido estricto el smart manufacturing no usa insumos directos que abonen al consumo de materiales como si lo hace en la transformación industrial directa sino que opera fundamentalmente con el uso de datos, porque en su gran mayoría la tecnología se concentra en sistemas periféricos que los almacenan, tales como, las fibras ópticas, cámaras y dispositivos electrónicos como computadoras, tabletas, tableros de control digitales: quizá, entonces, este sea el punto ciego en donde no se hace visible la afectación de los residuos electrónicos y de todos los elementos periféricos que se utilizan para su operación, ejemplo de ello, son los aires acondicionados, lámparas, sistemas de energía de respaldo de información. Además, la rápida obsolescencia tecnológica y la huella de carbono asociada



con la producción de tecnología plantean interrogantes sobre la verdadera sostenibilidad del planeta a largo plazo, en este sentido Peña (2003) apunta lo siguiente:

“El rastro de dióxido de carbono se complica si se observa la huella de la construcción de las instalaciones o las cadenas de suministro de servidores, fuentes de alimentación y otros equipos de estas instalaciones. Por lo demás, los servidores, que son esencialmente discos duros apilados en filas, generan mucho calor y para enfriarlos se necesita una gran cantidad de energía. Así, se ha calculado que las emisiones globales de computación en la nube oscilan entre un 2,5% y un 3,7% de todas las emisiones globales de gases de efecto invernadero...” (p.48)

Si bien, existen datos que indican que el smart manufacturing puede contribuir a una reducción significativa de las emisiones de gas de efecto invernadero no hay que dejar de considerar el impacto de las emisiones asociadas con la producción y el mantenimiento de los equipos inteligentes, así como, el aumento en la demanda de energía para la operación de estos sistemas. El Smart manufacturing, en principio, puede llevar a un uso más eficiente de los recursos naturales y tiene la capacidad de prever fallos y optimizar el uso de materiales que pueden reducir la extracción y uso de recursos, sin embargo, la producción de dispositivos tecnológicos y sensores requiere minerales y metales particulares, cuyo suministro puede estar asociado con impactos ambientales negativos, como la minería y la contaminación de suelos y aguas, de esta forma se observa un desequilibrio entre sus efectos en el medio ambiente y los beneficios que ofrece.

Evidentemente el smart manufacturing, no es una ecotecnología per se, por eso, no se puede afirmar categóricamente que su uso reduce el impacto ambiental pues desde la lógica de la producción su finalidad no es la sustentabilidad sino la reducción de materiales en la producción; optimiza solo una parte de la producción, al hacer uso de los datos como fuente de decisiones operativas, por ejemplo al hacer prototipos digitalizados y no materiales pues el hecho de hacer una simulación física implica gastos y desperdicios de materiales, sin embargo, el smart manufacturing tiene un alcance situado en la empresa además de que su aplicación no se extiende a toda la cadena de suministro, en ese sentido, se puede considerar como un proceso tecnológico con impacto medio que puede eficientar el uso de materiales en la producción y no necesariamente se aplica en los procesos de embalaje, la distribución y post-consumo; así pues, reduce, pero no restaura, bajo la idea de tecnología ambiental regenerativa que propone Cardoso y Gouttefanjat (2022). Es así como llegamos a una primera conclusión, el smart manufacturing no es potencialmente un diferenciador ante la urgencia de la sustentabilidad.

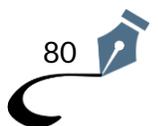
ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DEL SMART MANUFACTURING

A continuación, se presentan los resultados de un análisis bibliométrico en el que principalmente se observó que hay un desarrollo cada vez más creciente de la literatura la cual señala que el uso de las tecnologías asociadas al smart manufacturing permiten conectar a todas las partes interesadas de las organizaciones, más allá de que se van

constituyendo como redes para la sostenibilidad y el crecimiento futuro. Los investigadores coinciden en que agentes como los inversionistas, los clientes, los medios de comunicación, los reguladores y hacedores de política, entre otros, presionan cada vez más a las empresas para que tengan en cuenta su impacto medioambiental e internalicen los costos modificando las características y procesos de sus productos de modo que sean más respetuosos con el medio ambiente.

Como primer criterio de análisis, en esta revisión bibliométrica, se hizo una selección de investigaciones que estaban orientadas a ubicar la relación del smart manufacturing con la sustentabilidad, ello dio como resultado lo siguiente:

- a. Que las industrias que aplican las tecnologías de la I4.0 tienen como interés principal responder a lo planteado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para el 2030, utilizando el progreso tecnológico con el fin de afrontar el reto de la transición de la tecnología tradicional a las máquinas inteligentes (Ghobakhloo, 2018);
- b. Con la aparición del Smart manufacturing se abre la oportunidad de conectar la tecnología con el uso adecuado de los recursos y de las capacidades tecnológicas en términos de beneficios para la sostenibilidad como son la neutralidad de los productos (impacto cero), menores costos y equidad social. Las industrias pueden reducir el impacto medioambiental de un producto, un proceso o un servicio basándose en la disponibilidad de datos de la huella de carbono y en análisis trazables (Khan, Razzaq, Yu, & Miller, 2021). Por lo tanto, el smart manufacturing parece ser una alternativa que contribuye a la sostenibilidad para desarrollar operaciones digitales sostenibles que permitan alcanzar las metas de los ODS de acuerdo con Khan, Razzaq, Yu, & Miller (2021) y Luthra & Mangla (2018).
- c. Los investigadores señalan que existen dos tecnologías inteligentes principales que pueden utilizarse directamente para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los procesos industriales, la primera de ellas es la transición a fuentes energéticas más limpias y renovables. Las tecnologías de electrificación autosustentables como la eólica y la solar puede reducir las emisiones de GEI y ofrecer una generación de energía flexible y no dependiente de recursos no renovables como el carbón o combustibles fósiles. Además, es ya sabido que resulta urgente encontrar energías alternativas a partir de fuentes renovables, como el hidrógeno y el bioetanol (Khan, Razzaq, Yu, & Miller, 2021).
- d. La segunda tecnología más utilizada en el smart manufacturing es el desarrollo de los sensores conectados a internet y las técnicas de internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) que proporcionan soluciones avanzadas de medición, mejoran sustancialmente el rendimiento de los sistemas de gestión de la energía. Algunas empresas han implantado un sistema de fabricación altamente digitalizado, que supervisa y controla la producción y el uso de la energía, proyectando una reducción



media del 20% en el consumo de energía por instalación industrial para el año 2035 (Xing, 2020).

Si bien, gran parte de literatura analizada coincide en que existen beneficios que se desprenden de nuevas prácticas innovadoras de los procesos basados en el smart manufacturing, pese a ello, también existen posturas críticas que señalan que la naturaleza tecnológica combinada con las fases relativamente tempranas del ciclo de vida de las tecnologías de la I4.0 implican y plantean varias preocupaciones, especialmente la naturaleza intensiva en la inversión en equipos necesarios para los procesos podrían no ser ambientalmente sustentables, por ejemplo, el aumento de los residuos eléctricos y del consumo de energía; cuestiones éticas entorno a la interacción humano-robot, amenazas de desempleo entre otros (Xu, Xu, & Li, 2018).

Un segundo criterio que se tomó para la revisión bibliográfica fue identificar investigaciones que identificaran posibles desventajas en la adopción del smart manufacturing (SM) y los resultados arrojaron lo siguiente:

- a. A pesar de las ventajas del SM, su adopción en las organizaciones puede ser lenta (sobre todo en las PYMEs). Ghobakhloo et al., (2018) mencionan que el Smart manufacturing implica diversas tecnologías que pueden ser complicadas de integrar en sistemas existentes como actualizar maquinaria para adaptarse a estas tecnologías puede ser costoso y complejo debido a la ausencia de protocolos estandarizados, que dificulta la interoperabilidad entre los distintos sistemas de producción existentes en cuestiones de principalmente de actualización tecnológica.
- b. En cuanto a la cadena de suministro, una de las principales críticas es que las grandes empresas trasnacionales avanzan más rápidamente en la adopción del SM, pero solo para cubrir la necesidad de un mayor apoyo y colaboración con compradores, vendedores de tecnología, instituciones de investigación y organizaciones de proveedores para aprovechar plenamente los beneficios potenciales del Smart manufacturing, autores como Mittal et al., (2020) mencionan que se esté fenómeno está creando una brecha entre las grandes empresas y las PYME's. La creación de colaboraciones con proveedores y compradores requiere tiempo y recursos, que estas empresas mencionadas a menudo no tienen, lo que les impide beneficiarse de estas tecnologías.
- c. Otro reto, es la falta de madurez tecnológica; Lu (2021) señala que muchas organizaciones dependen de procesos manuales y tienen una infraestructura de tecnología de innovación subdesarrollada, lo que dificulta la adopción de tecnologías avanzadas necesarias para el SM. Además, carecen de personal calificado para manejar los datos que estas tecnologías requieren, lo que complica la toma de decisiones informadas.
- d. Otro factor que se resalta en la literatura es la falta de apoyo financiero que limita la capacidad de las organizaciones para hacer inversiones necesarias en tecnologías



integradas al SM (Elnadi, & Abdallah, 2024). A las empresas pequeñas se les niega el acceso a créditos por su tamaño, así como la falta de una comprensión global de los beneficios esperados y del rendimiento de la inversión por parte de las entidades financieras, pues existe la percepción de que el SM es una apuesta riesgosa (Arcidiacono, & Schupp, 2024).

- e. El marco político es otro aspecto crítico pues aunque se han implementado iniciativas gubernamentales para fomentar la adopción del SM, la tasa de adopción sigue siendo baja. Esto se debe a una falta de políticas integrales y programas de entrenamiento adaptados a sus necesidades (Arcidiacono, & Schupp, 2024). Para enfrentar estos desafíos, se proponen estrategias como el reequipamiento de máquinas existentes con nuevas tecnologías, colaboración con plataformas de fabricantes de equipos originales para mejorar la digitalización y la utilización de datos de fabricación (Oztemel, & Gursev, 2020).
- f. La literatura confirma que el problema de mitigar los impactos ambientales implica un análisis multifactorial en donde la adopción del smart manufacturing y de sus prácticas para aminorar el impacto ambiental podría conducir a la creación de clústeres manufactureros localizados en regiones específicas, influyendo en la estructura medioambiental, económica y social de las comunidades y regiones. Los cambios en las prácticas de fabricación pueden repercutir en la identidad y las características culturales de las comunidades que históricamente han estado vinculadas a la fabricación tradicional, así como, a la sobre explotación de recursos renovables en los procesos de construcción de dichos clústeres (Bag, & Pretorius, 2022).

En síntesis, esta revisión da cuenta de que hace falta el desarrollo de marcos teóricos más amplios que complejicen el verdadero problema de las nuevas tecnologías y la sustentabilidad, a partir de la búsqueda bibliométrica percibimos que aún no se están haciendo análisis que den cuenta de los impactos concretos del smart manufacturing en la disminución de los recursos. Es quizá, en este punto en el que este artículo encuentre su aportación pues aunque la perspectiva de la implementación del smart manufacturing es viable y sus metas son de una importancia crucial, la realidad de alcanzar estos objetivos es mucho más compleja de lo que el marco idealista podría sugerir; la transición hacia prácticas más sostenibles a menudo enfrenta resistencias por parte de industrias establecidas y consumidores que priorizan la conveniencia de la producción en pro de la utilidad.

Las primeras reflexiones de esta revisión bibliográfica son que el smart manufacturing y su relación con la sustentabilidad está siendo considerado como un objeto de estudio actual, pese a ello, parecería que su implementación es un supuesto que se materializará en el futuro, que se pronostica como una posibilidad y no como un hecho, además, se confirma la perspectiva productivista de la tecnología en tanto que su discurso está basado en los indicadores más eficientistas como la mejora continua y la automatización en pro de la fabricación a gran escala.



A partir de esta primera revisión, en donde quizá aún no sean tan evidentes los impactos de la sustentabilidad con el uso de las tecnologías, a los autores nos permite hacer una reflexión primaria que exponemos a continuación.

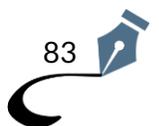
LA COMPLEJA RELACIÓN ENTRE TECNOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD

En la era moderna, el concepto de sostenibilidad se ha convertido en una preocupación global urgente; con el aumento de los problemas ambientales y la creciente presión sobre los recursos naturales, la tecnología ha surgido como una herramienta potencialmente poderosa para abordar estos desafíos. La alianza entre tecnología y la sustentabilidad es frágil principalmente en el esquema de producción infinita que promueve el sistema capitalista; a medida que la tecnología avanza como nunca se había vivido en la historia de la humanidad; surge la pregunta inevitable ¿la tecnología puede verdaderamente sostener y promover la sustentabilidad, o es un paliativo ante un sistema de producción que en sí mismo ya resulta insostenible? Las innovaciones tecnológicas prometen eficiencia y reducción de impactos negativos en los recursos naturales. Los avances en la inteligencia artificial, por ejemplo, permiten optimizar el uso de recursos a través de mejorar la planificación urbana para minimizar la huella ecológica, a pesar de sus ventajas, la dependencia excesiva de soluciones tecnológicas podría llevar a una respuesta paliativa frente a la urgencia de hacer cambios estructurales fundamentales en los sistemas económicos y sociales.

La mayoría de las posturas que apuestan al desarrollo e innovación tecnológica, por lo menos, desde la mejora de los procesos productivos, se apartan de la discusión de la ideología que está atrás del binomio tecnología y sustentabilidad, pero a partir de la perspectiva crítica si encontramos varios posicionamientos como el que discute Peña (2023) en su texto *Tecnologías para un planeta en llamas: Los peligros del tecnocapitalismo y la necesidad de una transición digital justa en la era de la crisis climática y ecológica* en el que una de sus críticas más fuertes la hace al *solucionismo tecnológico*, el cual propone reproducción del diseño de modelos simplistas en el que sigue predominando la lógica de la elección racional y la actuación de los ciudadanos como agentes sin identidad, sin historia y sin intenciones. Esto nos lleva a una verdad de perogrullo – el problema de la tecnología se resuelve con tecnología-.

Otros autores como Suárez Villa, 2009; Ilich, 2006 también cuestionan el uso de la tecnología argumentando que el propósito capitalista de acumulación de la riqueza se posibilita y reproduce por y con el uso de la tecnología. Peña señala que “El *tecnocapitalismo* no ha tardado en plantearse como natural ‘solucionador’ de la crisis climática y ecológica, sobre todo cuando el miedo y la perplejidad dominan a las sociedades que buscan respuestas rápidas ante problemas multisistémicos” (2003, p.16).

El contrasentido que se encuentra en este “capitalocentrismo” es que la tecnología es una promotora de la producción y su acción en pro de la sustentabilidad remedia en poco o en casi nada el impacto ambiental. En otro sentido, la apropiación social de las tecnologías no es tan sencillo, la tecnología es un recurso y en tanto recurso solo tiene acceso a ella quien



la puede adquirir; luego, la tecnología también traspasa por los límites del poder en tanto concentración de la riqueza, su contradicción no solo está en su uso sino en el efecto social que ella tiene, “La máquina no sólo imita e interviene la naturaleza para aprovecharse de sus recursos, sino que posee resonancias míticas e intangibles; sustenta conceptos sociales como la autoridad, riqueza o vanguardia y propicias distribuciones inequitativas de poder” (Caloca, 2023, p.52).

En ese sentido, es posible reflexionar en que la tecnología perpetua la desigualdad, aunque con la entrada de la industria 4.0 la tecnología abra su espectro y camine a al capitalismo digital (Schiller, 1990), la lógica de la reproducción del capital no es diferente pues continúa siendo la misma que en sistemas económicos anteriores. En ese sentido podemos encontrar que, aunque se nombren “nuevos paradigmas de producción” la esencia del sistema económico es la misma – la reproducción del capital-.

En el marco de la sustentabilidad y la fabricación industrial la hiperconectividad y el uso de los sistemas ciber físicos se ha posibilitado en gran medida por las tecnologías asociadas a la industria 4.0; su particularidad reside en que la fusión de los sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan de una manera flexible e hiperconectada en las cadenas productivas de todo el mundo.

Sin embargo, aun cuando es evidente el desarrollo en el diseño de los mecanismos tecnológicos, existen brechas que dificultan su implementación, en ese sentido, la tecnología alcanza sus límites en su adopción, creando una contradicción fundamental – la tecnología ha sido creada y puesta a disposición, pero su posibilidad de implementación es limitada. En cierto sentido, la tecnología también es un capital que tiene un valor de compra. La tecnología no es un bien es abstracto, es una mercancía convertida en insumo para la producción. De esta forma, se presenta un desafío importante para hacer converger los beneficios de la industria 4.0 con las limitaciones económicas y de modernización que las empresas que, hasta hoy, no los asumen como una realidad en su futuro inmediato.

CONCLUSIONES

Existen posicionamientos diversos que señalan que la industria 4.0 es la fuerza tecnológica del futuro, para algunos es un proyecto que aún está madurando y otros consideran que se está transitando a ella con una velocidad tal que es casi imperceptible. En lo expuesto en este documento y la producción académica que hasta ahora se tiene respecto a este tema, es indudable que la tecnología facilita toda la vida humana incluyendo la producción de satisfactores. Para los administradores y especialistas en los procesos productivos una de las principales preguntas que queda pendiente de resolver ante tal beneficio es ¿cuáles deben ser las condiciones que se tienen que generar para que las empresas puedan beneficiarse de la manufactura inteligente?

A partir de una primera revisión bibliográfica muy acotada que expusimos en este texto contamos con algunos argumentos para poder afirmar, que por ahora, el smart manufacturing aún no puede concretarse como una alternativa sustentable en los procesos



de transformación industrial, por lo menos, hasta que no se tengan las dos condiciones; la primera que se cuente con una implementación total en toda la cadena de suministro y la segunda, que a implementación del smart manufacturing presenta una huella ecológica mixta. Aunque ofrece oportunidades significativas para reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero, también introduce desafíos asociados con la producción y gestión de equipos tecnológicos.

Regresando a la preocupación inicial planteada al inicio de este artículo es crucial desarrollar tecnologías innovadoras, pero también se debe considerar cuidadosamente sus impactos sociales, ambientales y éticos. Si bien, la tecnología ofrece herramientas valiosas, su implementación debe estar acompañada de un análisis profundo de sus implicaciones a largo plazo, elemento que hasta el día de hoy no se encontró en la revisión de la literatura.

REFLEXIONES FINALES

Creemos que solo se puede avanzar en verdaderas alternativas sustentables, sin desenmarcarse de la crítica del uso de mecanismos, como lo son el uso de datos, que encuentra otras lógicas más sofisticadas para reproducir el capital. Por eso, a la tecnología per se no se le puede otorgar el valor del cuidado del medio ambiente. El discurso del tecnocapitalismo como lo señala Peña “no ha tardado en plantearse como el natural ‘solucionador’ de la crisis climática y ecológica, sobre todo cuando el miedo y la perplejidad dominan las sociedades que buscan respuestas rápidas ante problemas multisistémicos” (p. 16, 2023)

En ese sentido se pone en duda el criterio básico de sustentabilidad porque no cumple con su cometido a largo plazo. La tecnología no se construye colectivamente, sino particularmente, y en ese sentido resuelve problemas de la empresa, pero no de la humanidad: el objetivo sigue siendo el mismo -maximizar la productividad económica hasta llegar al límite de los recursos naturales-.

Teóricamente hace falta una visión sistémica que incluya a todos los actores clave, caminar desde la parcialidad no tiene un impacto significativo sobre un problema que es urgente para todos. Conviene ir recuperando la discusión ideológica sobre la cual se inserta los modelos aplicativos de la industria 4.0 toda vez que el paradigma acrítico de la sustentabilidad afirma que la tecnología es y está a favor del medio ambiente. Prácticamente, también hay que ir analizando casos de estudio concretos para confirmar las orientaciones que se están apuntando desde el análisis teórico, y así tener elementos de juicio más certeros sobre la relación tecnología y sustentabilidad.

Reflexionar sobre sus paradigmas es también una posición epistemológica que deja entrever las preguntas que se están respondiendo desde la academia ante la inevitable inserción de producción tecnologizada. La propuesta final es continuar con un cuestionamiento central para saber si tecnología pueden solucionar la crisis climática de alguna forma, indirectamente, tener impactos severos en el medio ambiente. 



REFERENCIAS

- Arcidiacono, F; & Schupp, F. (2024). Investigating the impact of smart manufacturing on firms' operational and financial performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(3), 458-479.
- Bag, S; & Pretorius, J. (2022). Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(4), 864-898.
- Caloca Lafont, E. (2023). La propuesta de Iván Illich: una filosofía crítica y radical de la tecnología. *Theoría. Revista Del Colegio De Filosofía*, (45), 49-72.
<https://doi.org/10.22201/ffyl.29544270e.2023.45.1822>
- Cardoso, I. & Gouttefanjat, F. (2022). Sustentabilidad, tecnología ambiental y regeneración ecosistémica: retos y perspectivas para la vida. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 142-157. Epub 02 de abril de 2022. Recuperado en 14 de julio de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000200142&lng=es&tlng=es.
- Dalton, R. (2005). *The Move to Digital Manufacturing*. Software Solutions. Tooling & Production Magazine.
- Elnadi, M., & Abdallah, Y. O. (2024). Industry 4.0: critical investigations and synthesis of key findings. *Management Review Quarterly*, 74(2), 711-744.
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of manufacturing technology management*, 29(6), 910-936.
- Khan, S., Razzaq, A., Yu, Z., & Miller, S. (2021). Retracted: Industry 4.0 and circular economy practices: A new era business strategy for environmental sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 4001-4014.
- Krajewski, Ritzman y Malhotra (2007). *Administración de Operaciones*. Ed. Prentice Hall.
- Lu, Y. (2021). The current status and developing trends of industry 4.0: A review. *Information Systems Frontiers*, 1-20.
- Luthra, S., & Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process safety and environmental protection* (117), 168-179.
- Marx, C. (1981). *El Capital* (Vol. 1). La Habana: Ciencias Sociales.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of intelligent manufacturing*, 31(1), 127-182.



- Peña, P. (2023). Tecnología para un planeta en llamas. Los peligros del tecnocapitalismo y la necesidad de una transición digital justa en la era de la crisis climática y tecnológica. Paidós.
- Schiller, D. (1999). Digital Capitalism, Networking the Global Market System. California: The MIT Press
- Suárez-Villa, L. Technocapitalism: A Critical Perspective on Technological Innovation and Corporatism (Philadelphia: Temple University Press, 2009).
- Xing, L. (2020). Cascading failures in internet of things: review and perspectives on reliability and resilience. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(1), 44-64. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(1), 44-64.
- Xu, L., Xu, E., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International journal of production research*, 56(8), 2941-2962.
- Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras*. *Conciencia Tecnológica*, (54).





Como citar:

Ríos Estrada, R. S., Ponce Sánchez, J. I., y Carrillo González, G. (2024) ¿El Smart manufacturing es realmente una alternativa sustentable en los procesos de transformación industrial? *Administración y Organizaciones*, 27 (Especial).

<https://doi.org/10.24275/SNXI3867>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.



Revolución Cuántica en la Industria 4.0. *Quantum revolution in industry 4.0*

Jaime Muñoz Flores¹

Resumen

El presente estudio pertenece a los campos de investigación de gestión organizacional y administración. El objetivo consiste en fundamentar una prognosis tendencial en el devenir de la industria 4.0. En su fase de desarrollo, se aplicaron las metodologías de análisis multifase y jerarquización analítica. Como resultado del análisis, se configuraron diversos esquemas prospectivos dinámicos referidos a la subversión de la industria digital 4.0 hacia la industria cuántica 5.0, incluyéndose las transiciones de fase y los ponderadores probabilísticos correspondientes. Se concluye que la deriva de la dinámica evolutiva del fenómeno de industrialización anuncia el despunte de la industria cuántica hacia finales de la presente década o principios de la década de los treinta.

Palabras clave: Industrialización ; Industrias manufactureras y de servicios ; Elección de tecnología

Código JEL: O14.

Abstract

The present study belongs to the research fields of organizational management and administration. In its development phase, the methodologies of multiphase analysis and analytical hierarchy were applied. As a result of the analysis, several dynamic prospective schemes were configured referring to the subversion of the digital industry 4.0 towards the quantum industry 5.0, including the phase transitions and the corresponding probabilistic weights. It is concluded that the drift of the evolutionary dynamics of the industrialization phenomenon announces the emergence of the quantum industry towards the end of this decade or, at most, at the beginning of the next one.

Keywords: Industrialization; Manufacturing and service industries; Technology Choice

JEL Code: O14.

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Profesor-Investigador. Doctor en Política Económica y Desarrollo, Áreas de especialidad: Macroeconomía Dinámica, Economía Matemática. Contacto: jmflores@correo.xoc.uam.mx  0000-0002-6683-0184

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad, derechos humanos, protección social, inclusión de género, raza, credo, orientación sexual, etc., son temas definitivamente comprendidos en la noción de progreso que reconocen las generaciones de hoy. Sin embargo, a lo largo de más de tres siglos, contados a partir de la invención del motor de pistones por Christiaan Huygens en 1640, la idea de progreso social se mantuvo estrechamente asociada con el avance de la industrialización.

Como un fenómeno *sui generis*, la industrialización ha mantenido desde sus primeras manifestaciones ritmos de avance progresivamente acelerados. Durante el siglo XX, las invenciones del transistor, en los años cincuenta, y del microprocesador digital, en los setenta, aceleraron aún más el avance de la industrialización de todos los sectores productivos, convirtiendo la mayor parte de los procesos manuales o mecanizados en procesos digitales.

Tras cuatro décadas de existencia de computadoras personales, y más de 20 años de dispositivos móviles inteligentes, los procesos de digitalización se han expandido hacia prácticamente todas las esferas del quehacer humano. El acceso a la capacidad digital, creado inicialmente como un poder exclusivo para las grandes empresas, hoy día se encuentra accesible para todos los segmentos de la sociedad. En el ámbito industrial, la expansión digital logró reducir significativamente las brechas que durante algún tiempo separaron las micro, pequeñas y medianas empresas de los grandes y tecnificados consorcios industriales.

Quizá eclipsado en los medios de comunicación y la opinión pública por la pandemia de COVID-19, un acontecimiento tecnológico trascendental impuso un límite infranqueable para el avance de la era digital. En 2019, la empresa fabricante de procesadores digitales *Intel* dio a conocer al mundo el nano procesador más pequeño susceptible de ser fabricado por el hombre. Con una dimensión de únicamente 20 nanómetros, el procesador *It-234k* alcanzó el límite mínimo de dimensión de cualquier procesador de estado sólido.

Al no existir átomos más pequeños en la naturaleza, resulta imposible ensamblar en un espacio menor a los 20 nanómetros las tres capas atómicas que cualquier procesador digital requiere para su adecuado funcionamiento (Intel, 2021).

Sin embargo, cuando apenas comenzaban a propagarse especulaciones sobre las limitantes físicas con las que se habría topado la computación, el 18 de diciembre de 2020 la innovación tecnológica brindó al mundo el milagro científico que se estaba necesitando: la revista *Science* publicó las pruebas científicas sobre las asombrosas capacidades operacionales de los nuevos procesadores cuánticos (Zheng, 2020).

La computación cuántica constituye un asombro recurso tecnológico, capaz de transgredir los límites físicos de la materia. Construidos con base en los principios de físicos de entrelazamiento cuántico, superposición entre materia y energía, y ubiidad cuántica,



los nuevos procesadores de datos -ya no digitales, sino cuánticos- gozan de una capacidad de cómputo millones de veces superior a la de las mejores super computadoras digitales.

Toda vez que se fundamenta en principios de física e ingeniería totalmente diferentes a los de la electrónica digital, la computación cuántica representa un cambio definitivamente revolucionario. Mediante transformaciones radicales de los métodos hasta ahora conocidos para gestionar información, la revolución cuántica catalizará la invasión de los algoritmos inteligentes y los algoritmos cognitivos en la mayoría de las actividades humanas.

A partir de sus primeras manifestaciones científicas reportadas en el año 2020, la diversificación de áreas de conocimiento invadidas por la computación cuántica está constituyendo un fenómeno inusitado. El cuadro número 1 ilustra la distribución relativa, según disciplina del conocimiento, de las más de 1,800 publicaciones científicas que, a partir de 2020, incluyen en su temática a la computación cuántica.

CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA SEGÚN CAMPO DEL CONOCIMIENTO.

Disciplina	Porcentaje
Aplicaciones Interdisciplinarias de las Ciencias de la Computación	8.77%
Ingeniería de Software	2.58%
Arquitectura	2.35%
Nanociencias y Nanotecnología	1.57%
Telecomunicaciones	0.63%
Agricultura Multidisciplinar	0.29%
Métodos Matemáticos para las Ciencias Sociales	
Disciplinas Científicas Educativas	
Anestesiología	
Historia y Filosofía De La Ciencia	
Administración	
Finanzas Empresariales	
Ciencias Económicas	
Ciencias de la Tecnología Verde	
Urbanismo Regional	
Negocios	
Psicología Experimental	
Ciencias Sociales Interdisciplinarias	

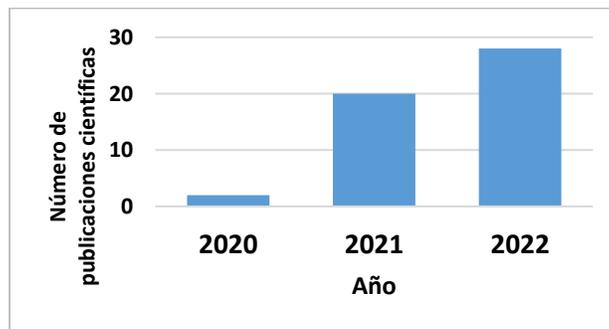
CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA SEGÚN CAMPO DEL CONOCIMIENTO.

Disciplina	Porcentaje
Música	
Ciencias Políticas	
Estudios Ambientales	
Derecho	
Tecnología Médica	
Otras disciplinas	83.81%

Elaboración propia con datos de Science Index (2023)

En total, el número de investigaciones científicas alusivas a la computación cuántica aumentó entre los años 2020 y 2023 (tiempo de pandemia) más de 1,800 %, mostrando una tendencia claramente exponencial (gráfica 1).

GRÁFICA 1. PUBLICACIONES CIENTÍFICAS ALUSIVAS A LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA EN LA INDUSTRIA.



Elaboración propia con datos de Science Index 2023.

COMPUTACIÓN DIGITAL VS. COMPUTACIÓN CUÁNTICA

En años recientes, el devenir de la industria 4.0 ha sido investigado desde diversos ángulos. Ghovakhloo (2020), Kamble (2018) y Awan (2021) encabezan lo que parece configurar una corriente de investigación orientada a la identificación y caracterización de la confluencia entre los procesos de digitalización industrial y las redefiniciones de éstos necesarias para que las nuevas modalidades de producción aporten elementos concretos del sector industrial en materia de sustentabilidad. El planteamiento de Ghovakhloo se fundamenta en una metodología modelística que analiza las tendencias de convergencia entre las funciones esenciales de la industria 4.0 y los compromisos industriales para fomentar la sustentabilidad de las empresas. Kamble, por su parte, aduce que la contribución de la industria 4.0 a los objetivos de sustentabilidad no necesariamente es directa y explícita,

pues el logro de mayor eficiencia en los procesos de manufactura y desempeño organizacional atribuibles a la digitalización contribuye *per se* al cumplimiento de las metas sectoriales en materia de sustentabilidad.

La vinculación entre la circularidad de los procesos productivos y la digitalización de los mismos ha sido estudiada por Awan (2021) desde una perspectiva que considera los criterios decisorios de los inversionistas empresariales. Con base en sus resultados de investigación, el autor propone la existencia de una clase de accionistas empresariales que pondera elementos como la circularidad de los procesos de manufactura. Al considerar estos elementos como claves de sus decisiones, los inversionistas empresariales ejercen una fuerza orientadora hacia las metas de sustentabilidad.

En un sentido lato, puede señalarse que la diversidad de investigaciones sobre las implicaciones de la expansión de la industria 4.0 en la sociedad contemporánea también se refieren, en mayor o menor medida, a la optimización de procesos y sus implicaciones en términos económico, social o ambiental. Lo anterior, principalmente en los campos de la ingeniería industrial (Bai, 2020), (Ghovaklhoo, 2018), (Frank, 2019); manufacturas y procesos (Benitez, 2020), (Mouef, 2018); administración y negocios (Sung, 2018), (Srivastava, 2022); computación, electrónica y comunicaciones (Zonta, 2020), (Muhuri, 2019), (Lu 2017).

A pesar del extraordinario incremento de publicaciones científicas alusivas a nuevas aplicaciones de la computación cuántica en la industria, la orientación general de éstas, así como los términos de su impacto sobre las diversas esferas de la sociedad no se han clarificado aún (Larson, 2018). Sin embargo, la asociación entre la revolución cuántica y el florecimiento de la industria 5.0 ya ha sido sugerida de manera explícita por importantes investigadores sobre el tema, como Baverstadler (2021), Bhasin, (2023), Coccia (2022) y Jain (2022).

Entre todas las repercusiones de corto plazo que tendrá la recién iniciada revolución cuántica, el presente trabajo se centra en el análisis de las implicaciones de los nuevos recursos de computación cuántica sobre la industria digital 4.0. Con fundamento en la metodología de análisis multifase, se propone un esquema prospectivo que busca coadyuvar a la caracterización del proceso de desacomplamiento entre la industria digital 4.0 y las grandes multinacionales que hoy día detentan de forma exclusiva el acceso a la computación cuántica. En las siguientes secciones se presenta la metodología utilizada para la construcción del esquema prospectivo y la asignación de coeficientes probabilísticos a las transiciones de fase. Por su relevancia en esta discusión, en la sección III se presenta una revisión de los instrumentos globales de política pública consensuados hasta ahora por los gobiernos de las principales economías industrializadas para regular el impacto de los algoritmos inteligentes sobre las actividades humanas. Con el apoyo de la aplicación especializada para diagramas dinámicos de fase *Bizagui*, y con base en la metodología de análisis multifase propuesta por Chilan (2013), en la sección IV se expone a manera de resultados un esquema prospectivo que ilustra los previsibles cambios que provocarán los



algoritmos cognitivos y la computación cuántica sobre la industria 4.0. Finalmente, la sección V se está dedicada a la exposición de algunas reflexiones finales y conclusiones.

INDUSTRIA 5.0: FUSIÓN ENTRE EL TRABAJO DEL HOMBRE Y EL DE LAS MÁQUINAS

La añeja fantasía de la existencia de un androide que fusiona las capacidades del hombre con las de las máquinas pareciera hoy día menos alejada de la realidad que en cualquier otra época. Los implantes cerebrales capaces de regular los neurotransmisores en el tratamiento de la depresión; la telepatía inalámbrica digital; los exoesqueletos que regresan el movimiento a los parapléjicos, entre otros experimentos exitosos de la era digital, incitan la prefiguración de escenarios prospectivos para la industria en los que el trabajo del hombre es, en el mejor de los casos, fusionado, o bien, totalmente reemplazado por el de las máquinas.

La incertidumbre que está generando en la sociedad de nuestros días la progresiva invasión de la inteligencia artificial sobre la mayor parte de las actividades humanas ha provocado que, desde el interior de disciplinas reflexivas por antonomasia como son la filosofía sociológica y filosofía de la ciencia, se comience a replantear la noción de progreso social. Sin embargo, en el curso de tales reflexiones valdrá tener presente el derrotero que siguieron otros inquietantes avances científicos del pasado reciente, como fue la clonación de seres de vivos, o el trasplante de cabezas de cuerpos enfermos hacia cuerpos sanos. En éstos, así como muchos otros casos controversiales en el universo de la ciencia y la tecnología, la política pública ha probado su capacidad para regular la experimentación científica de manera que no se torne en una amenaza contra el avance de la humanidad.

El marco axiológico indispensable para la sana coexistencia, desarrollo y eventual cooperación equilibrada entre los algoritmos inteligentes y los seres humanos ha captado ya la plena atención de los gobiernos de todo el mundo. Así como aconteció con diversos desarrollos tecnocientíficos de otras épocas, mismos que en su momento fueron considerados potencialmente amenazantes para la sociedad, las instancias internacionales para el establecimiento de políticas públicas globales han propuesto ya avances significativos para normar aspectos esenciales en favor del trabajo asistido por la inteligencia artificial.

En la cumbre internacional celebrada el día 2 de noviembre de 2023 en la ciudad inglesa de Blechley, 28 naciones, incluyendo a las mayores economías del mundo, celebraron un acuerdo trascendental para la definición del futuro del trabajo asistido por la inteligencia artificial (IA). En esencia, la declaración Blechley sobre (IA) enuncia lo siguiente:

La Inteligencia Artificial (IA) representa enormes oportunidades globales: tiene el potencial de transformar y mejorar el bienestar humano, la paz y la prosperidad. Para lograr esto, [...], por el bien de todos, la IA debe diseñarse, desarrollarse, implementarse y utilizarse de manera segura, confiable y responsable, [...principalmente...] centrada en el ser humano (United Kindom Government, 2023).



En el mismo tenor, la declaración Blechley conmina a la comunidad internacional a fortalecer los esfuerzos para utilizar la inteligencia artificial como mecanismo promotor no sólo de la innovación tecno industrial, sino también de los derechos y libertades fundamentales de los seres humanos, el crecimiento económico inclusivo y el desarrollo sustentable.

La confianza que logre adquirir la sociedad sobre el potencial benéfico de la inteligencia artificial fue considerada por las naciones participantes en la citada cumbre como clave fundamental para su pleno desarrollo. En el cuadro 2 se propone una taxonomía de otros aspectos centrales recogidos por la declaración Blechley, encausados mediante tres ejes transversales: i) La IA en la vida cotidiana de los ciudadanos; ii) Riesgos y temas de seguridad asociados a la IA; y, iii) Geopolítica y acuerdos internacionales.

CUADRO NO. 2. TAXONOMÍA DE LOS ACUERDOS DE BLECHLEY SOBRE LA REGULACIÓN DE LA IA

<p>IA en la vida Cotidiana</p>	<p>Los sistemas de IA ya están implementados en muchos ámbitos de la vida diaria, incluidos la vivienda, el empleo, el transporte, la educación, la salud, la accesibilidad y la justicia, y es probable que su uso aumente. Reconocemos que este es, por lo tanto, un momento único para actuar y afirmar la necesidad de que el desarrollo seguro de la IA y de que las oportunidades transformadoras de la IA se utilicen para bien y para todos, de manera inclusiva en nuestros países y a nivel mundial. Esto incluye servicios públicos como salud y educación, seguridad alimentaria, ciencia, energía limpia, biodiversidad y clima, para hacer realidad el disfrute de los derechos humanos y fortalecer los esfuerzos para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.</p>
<p>Riesgos de la IA y temas de seguridad</p>	<p>Además de estas oportunidades, la IA también plantea riesgos importantes, incluso en esos ámbitos de la vida diaria. Con ese fin, acogemos con satisfacción los esfuerzos internacionales pertinentes para examinar y abordar el impacto potencial de los sistemas de IA en los foros existentes y otras iniciativas relevantes, y el reconocimiento de que la protección de los derechos humanos, la transparencia y la explicabilidad, la equidad, la rendición de cuentas, la regulación, la seguridad, la adecuada Es necesario abordar la supervisión humana, la ética, la mitigación de prejuicios, la privacidad y la protección de datos. También observamos el potencial de riesgos imprevistos derivados de la capacidad de manipular contenido o generar contenido engañoso. Todas estas cuestiones son de importancia crítica y afirmamos la necesidad y urgencia de abordarlas.</p>
<p>Riesgos de la IA y temas de seguridad</p>	<p>Surgen riesgos de seguridad particulares en la "frontera" de la IA, entendida como aquellos modelos de IA de propósito general altamente capaces, incluidos los modelos básicos, que podrían realizar una amplia variedad de tareas, así como IA específicas relevantes que podrían exhibir capacidades que causen daño, que igualan o superan las capacidades presentes en los modelos más avanzados de hoy. Pueden surgir riesgos sustanciales debido a un posible uso indebido intencional o problemas de control no deseados relacionados con la alineación con la intención humana. Estos problemas se deben en parte a que esas capacidades no se comprenden completamente y, por lo tanto, son difíciles de predecir. Nos preocupan especialmente estos riesgos en ámbitos como la ciberseguridad y la biotecnología, así como donde los sistemas de inteligencia artificial de vanguardia pueden amplificar riesgos como la desinformación. Existe la posibilidad de que se produzcan daños graves, incluso catastróficos, ya sean deliberados o no, derivados de las capacidades más importantes de estos modelos de IA. Dado el rápido e incierto ritmo de cambio de la IA, y en el contexto de la aceleración de la inversión en tecnología, afirmamos que es especialmente urgente profundizar nuestra comprensión de estos riesgos potenciales y de las acciones para abordarlos.</p>
<p>Geopolítica y acuerdos multinacionales</p>	<p>Muchos riesgos que surgen de la IA son de naturaleza intrínsecamente internacional y, por lo tanto, la mejor manera de abordarlos es mediante la cooperación internacional. Resolvemos trabajar juntos de manera inclusiva para garantizar una IA centrada en las personas, confiable y responsable que sea segura y apoye el bien de todos a través de los foros internacionales existentes y otras iniciativas relevantes, para promover la cooperación para abordar la amplia gama de riesgos que plantean AI. Al hacerlo, reconocemos que los países deben considerar la importancia de un enfoque regulatorio y de gobernanza proporcionado y pro-innovación que maximice los beneficios y tenga en cuenta los riesgos asociados con la IA. Esto podría incluir realizar, cuando corresponda, clasificaciones y categorizaciones de riesgo basadas en las circunstancias nacionales y los marcos legales aplicables. También observamos la importancia de la cooperación, cuando corresponda, en enfoques como principios y códigos de conducta comunes. Con respecto a los riesgos específicos que probablemente se encuentren en relación con la IA de frontera, decidimos intensificar y mantener nuestra cooperación, y ampliarla con más países, para identificar, comprender y, según corresponda, actuar, a través de los foros internacionales existentes y otras iniciativas relevantes, incluidas futuras cumbres internacionales sobre seguridad de la IA.</p>

CUADRO NO. 2. TAXONOMÍA DE LOS ACUERDOS DE BLECHLEY SOBRE LA REGULACIÓN DE LA IA

<p>Riesgos de la IA y temas de seguridad</p>	<p>Todos los actores tienen un papel que desempeñar para garantizar la seguridad de la IA: las naciones, los foros internacionales y otras iniciativas, las empresas, la sociedad civil y el mundo académico deberán trabajar juntos. Al señalar la importancia de una IA inclusiva y reducir la brecha digital, reafirmamos que la colaboración internacional debe esforzarse por involucrar a una amplia gama de socios, según corresponda, y acogemos con agrado los enfoques y políticas orientados al desarrollo que podrían ayudar a los países en desarrollo a fortalecer la creación de capacidades y el aprovechamiento de la IA. el papel facilitador de la IA para apoyar el crecimiento sostenible y abordar la brecha de desarrollo.</p>
<p>Riesgos de la IA y temas de seguridad</p>	<p>Afirmamos que, si bien la seguridad debe considerarse en todo el ciclo de vida de la IA, los actores que desarrollan capacidades de IA de vanguardia, en particular aquellos sistemas de IA que son inusualmente poderosos y potencialmente dañinos, tienen una responsabilidad particularmente fuerte de garantizar la seguridad de estos sistemas de IA, incluso a través de sistemas. para pruebas de seguridad, mediante evaluaciones y mediante otras medidas apropiadas. Alentamos a todos los actores relevantes a brindar transparencia y rendición de cuentas apropiadas al contexto en sus planes para medir, monitorear y mitigar capacidades potencialmente dañinas y los efectos asociados que puedan surgir, en particular para prevenir el uso indebido y problemas de control, y la amplificación de otros riesgos.</p>

Elaboración propia con base en los textos de la declaración Blechley

A pesar de que el creciente influjo de la IA sobre el trabajo humano y el fenómeno de industrialización no aparecen en el primer plano de la declaración Blechley, el reconocimiento multinacional explícito del ser humano como centro y primera prioridad de todo desarrollo IA se interpreta como el conectivo necesario con la problemática del trabajo humano en la era IA. En el mismo sentido, el consenso declaratorio sobre un desarrollo económico inclusivo y sustentable alude directamente al tipo de industrialización IA que busca promover el consorcio de naciones.

DINÁMICA EVOLUTIVA DEL FENÓMENO DE INDUSTRIALIZACIÓN

A pesar de su complejidad, la diversidad de metodologías de análisis de la dinámica evolutiva de fenómenos socioeconómicos complejos, como lo es el fenómeno de la industrialización, es basta. La propuesta de esquematización prospectiva planteada en este trabajo se fundamenta en una metodología que destaca sobre otras por su claridad, así como la relativa sencillez de las representaciones que ofrece. Entre otros fundamentos, el análisis multifase parte de que toda modelación dinámica de sistemas complejos debe iniciarse por la identificación unívoca de los fenómenos que les dan origen (fase inicial), así como la descripción de la variedad de trayectorias evolutivas en términos probabilísticos (fases subsiguientes). Ello coincide con principios análogos postulados desde la teoría del cambio, quizá con la diferencia de que los sistemas multifase son generalizaciones de los sistemas dinámicos que pueden incluir variaciones en los parámetros -sean éstos probabilísticos o determinísticos- para modelar los cambios de estado del sistema (Chilan, 2013).

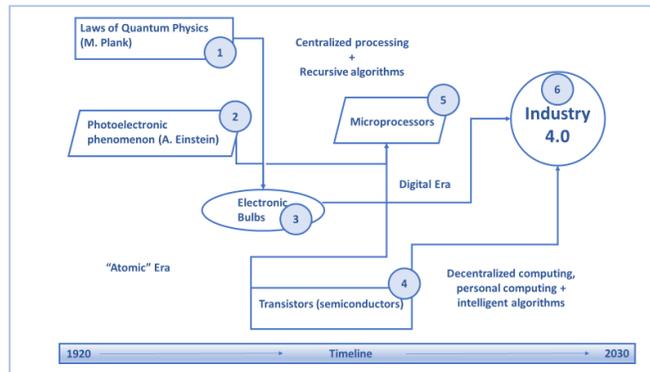
Una versión simple y clara —y por tanto de gran valor— de la metodología de análisis multifase para prospección de rutas evolutivas fue difundida los años noventa por Robert A. Russel (Russel, 1991). Haciendo referencia a esta modalidad, y como resultado un análisis hermenéutico realizado *ex professo* para esta investigación, proponemos dos niveles esquemáticos para la representación prospectiva de la dinámica del fenómeno de industrialización durante la tercera década del siglo XXI. En el primer nivel, se plantea como fase inicial el despunte que logró la industria 4.0 a partir en la década de los noventa,

proyectando la deriva de ésta hasta fusionarse con la industria 5.0. Lo anterior, bajo el contexto que impone el inminente arribo de la revolución cuántica.

Los diagramas 1, 2 y 3 representan una versión simplificada del paso de la industria 4.0 hacia la industria 5.0, con la salvedad de que en dicha esquematización no se observan las reglas del lenguaje simbólico propias de las teorías de grafos y diagramas de flujo. Se trata de una grafía simplificada, elaborada mediante de trazos y figuras convencionales, que pretende ilustrar mediante pocos elementos la prospectiva del fenómeno en cuestión en términos dinámicos.

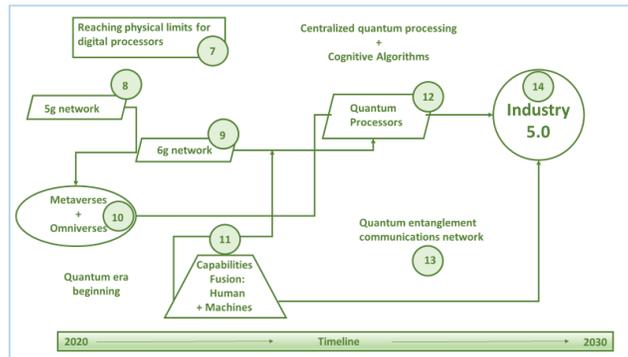
Toda vez que de modelación de los esquemas anteriores mediante diagramas de fases dinámicos demanda el uso de una simbología y un lenguaje muy especializado, en este trabajo se han reservado para un apéndice técnico las versiones de los esquemas 1 a 3 desarrolladas con la app de IA BIZAGUI, desarrollada específicamente para la simulación de diagramas de fase dinámicos (segundo nivel). Los lectores versados en temas de simulación, o aquéllos interesados en simular variantes dinámicas del paso de la I4.0 a la I5.0; o bien, interesados en suprimir, añadir o modificar elementos diversos a los escenarios probabilísticos aquí presentados, encontrarán en dicho apéndice los hipervínculos a los archivos BIZAGUI elaborados y dispuestos para simulaciones irrestrictas de los coeficientes probabilísticos de las transiciones de fase y líneas del tiempo.

ESQUEMA 1. FASES DE LA ERA DIGITAL



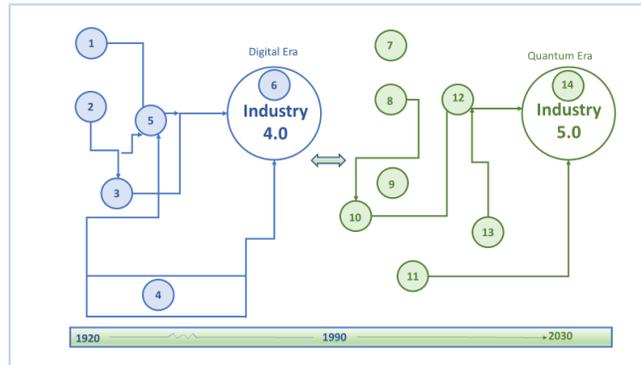
Fuente: Elaboración propia 12/02/2024

ESQUEMA 2. FASES HACIA LA ERA CUÁNTICA.



Elaboración propia 12/02/24

ESQUEMA 3. TRANSICIONES DE FASE



Elaboración propia 12/02/24

Simulador transiciones de Fase BIZAGUI

Respecto de estos últimos coeficientes, cabe aclarar que para la elaboración de los esquemas 1 a 3, los valores probabilísticos asignados a las transiciones de fase con relación a las líneas del tiempo se fundamentan en estimaciones propuestas por el autor. Aquí debe reconocerse que la sugerencia comúnmente emanada de las teorías de prospección consistente en que los vectores probabilísticos para transiciones de fase se construyan colectivamente, ha sido pasada por alto. Es decir, conducir la construcción de los parámetros probabilísticos mediante alguna metodología especializada que facilite el consenso entre el colectivo de investigadores involucrado en el proceso de configuración de los escenarios prospectivos. El método aquí propuesto para tal propósito es el denominado *multi-criteria decision making* (MCDM), o, equivalentemente, *analytic hierarchy process*, citado en adelante como proceso de jerarquización analítica (PJA).

ASIGNACIÓN DE COEFICIENTES PROBABILÍSTICOS PARA LAS TRANSICIONES DE FASE MEDIANTE PJA.

La metodología PJA

En términos generales, el principio que sustenta a los modelos PJA consiste en establecer, primeramente, y ponderar posteriormente los criterios de decisión consensuados en una etapa *a priori* al análisis y asignación de los parámetros probabilísticos para las transiciones de fase (figuras 1 a 4). Lo común es que los evaluadores de escenarios prospectivos no deseen asignar el mismo peso a todos los criterios. Por ello, a cada criterio le es asignado un coeficiente inicial de ponderación por parte de los evaluadores, sea éste con base en elementos subjetivos, experiencias previas, o simple intuición. Los valores iniciales que se asignen a las ponderaciones de los criterios revisten una importancia relativa, en virtud de que los métodos PJA soportados por algoritmos de inteligencia artificial refinan recursivamente el valor de los coeficientes de ponderación con base en ensayos repetidos, hasta lograr plena satisfacción del colectivo evaluador.

FIGURAS 1 A 4. FASES DEL PROCESO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA.

FIGURA 1

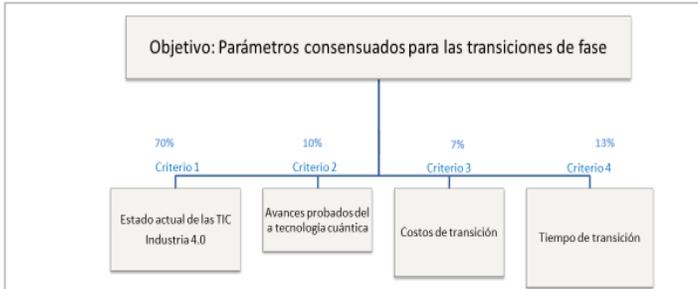


FIGURA 2

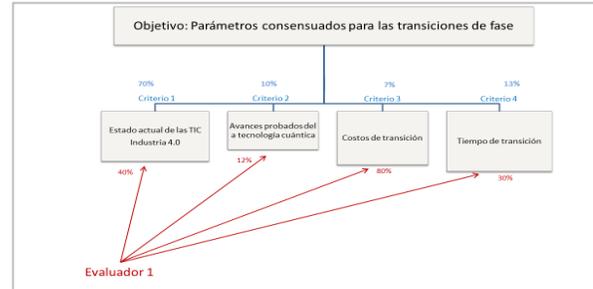


FIGURA 3

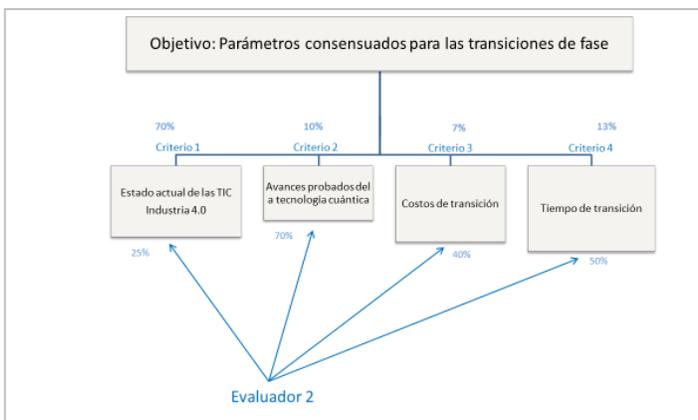
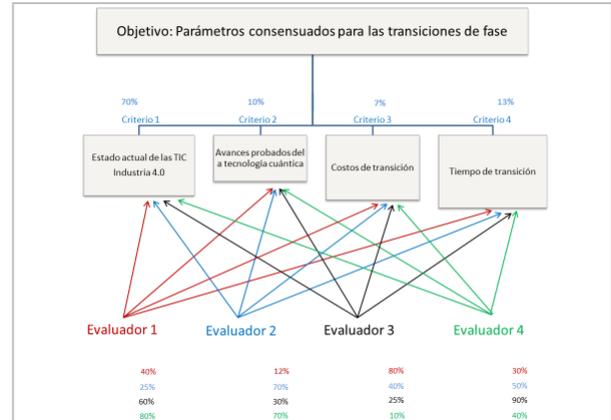


FIGURA 4



Fuente: Elaboración propia 12/02/24

Una vez determinadas las ponderaciones de los criterios de decisión, el colectivo decisorio debe establecer, a su juicio, la probabilidad para cada una de las transiciones de fase (figuras 4 a 6). Sobre esa base, se aplica un conjunto de formulaciones de álgebra lineal y programación matemática que resultan en una lista de prelación encabezada por los coeficientes probabilísticos de mayor consenso.

Las condiciones de aplicación de los modelos PJA son las siguientes (Nallakaruppan, 2023):

- i. La alternativa seleccionada debe contribuir a alcanzar diversos objetivos simultáneamente.
- ii. La alternativa seleccionada debe cumplir diversos criterios simultáneamente.
- iii. La alternativa seleccionada debe encabezar una prelación que resulta de la aplicación del MCDM.
- iv. La prelación de alternativas resultante del PJA debe ser consistente.

La consistencia a la que se refiere la condición iv significa que, ante un escenario donde la alternativa A es preferida a la B, y la alternativa B es preferida a la C, la alternativa C no puede ser preferida sobre la A; si fuera el caso, se caería en una inconsistencia. Debido a que

los modelos PJA sí permiten dominios continuos para la asignación de probabilidades, mediante ciertas formulaciones matemáticas se puede estimar la consistencia de las decisiones; ésta se traduce en un coeficiente que toma valores entre cero y cien por ciento. La construcción de dicho coeficiente es significativamente compleja, pues implica la combinación de diversas ramas de las matemáticas, como algebra lineal, análisis combinatorio, optimización y, en las versiones más avanzadas, lógica difusa. La traducción de la modelación matemática de los PJA a algoritmos computacionales también es un proceso complejo, y lo es también la traducción de éstos a programas en algún lenguaje compatible con las plataformas de cómputo avanzado.

Los investigadores dedicados a los estudios prospectivos en el campo de la tecnología industrial, así como los diseñadores de métodos y estrategias de cambio tecnológico interesados en profundizar en comprensión de los alcances que tienen estas poderosas herramientas, encontrarán en el libro de Abhishek Behl “Multi Criteria Analysis and Management” (Behl, 2020) abundantes ejemplos que describen la aplicación de los modelos PJA paso a paso. Los lectores versados en el uso de aplicaciones tecnológicas para la prospección de escenarios encontrarán en el siguiente enlace los códigos de programación necesarios para instrumentar directamente en MATLAB diversas variantes de PJA (también denominado MCDM):

Los investigadores, diseñadores y planificadores involucrados con la tecnología, tienen a su alcance métodos analíticos y aplicaciones computacionales de avanzada, como MATLAB, para robustecer el análisis, diseño, o prospección de escenarios tecnológicos industriales. Es importante resaltar, por último, que las dificultades que hasta hoy ha representado la enorme demanda de procesamiento de datos que exige la aplicación de estas metodologías a problemas reales, quedará totalmente superada en los años (quizá meses) venideros, como producto de la vertiginosa carrera tecnológica que se está librando en el campo de la computación cuántica.

CONCLUSIONES

A poco más de medio siglo de la revolución de los microprocesadores digitales, la inexorable revolución cuántica ha dado ya sus primeras manifestaciones. Como una bola de billar que es impactada en movimiento, la industria 4.0 será fuertemente impulsada hacia adelante por la computación cuántica. Sin embargo, los procesadores cuánticos requieren actualmente grandes edificaciones y condiciones energéticas especiales para su funcionamiento. Esto hace predecible el retorno de los esquemas de cómputo centralizado, similares a los que primaron en las décadas de los años setenta y ochenta.

No habiéndose consolidado aún las subversiones sociales, organizacionales y tecno industriales inducidas por la era digital y sus algoritmos inteligentes, la tecnología 4.0 dispondrá sólo de un brevísimo lapso de tiempo para preparar el tremendo impacto de la tecnología cuántica y sus algoritmos cognitivos. Durante su primera fase de expansión, por lo menos, el acceso a los recursos del cómputo cuántico será exclusivo para las grandes



empresas. Ello generará nuevas brechas entre la industria no automatizada, las MIPYMES, la industria 4.0, y la apenas floreciente pero ya poderosa industria cuántica 5.0.

En el presente trabajo se construye un esquema de corte prospectivo que busca contribuir a la caracterización del inminente desacoplamiento entre el selecto grupo de grandes empresas con tecnología cuántica, y la industria 4.0. Esta última, impedida por ahora de acceder a los beneficios de la revolución cuántica.

La insólita dinámica tecno industrial característica de la tercera década del siglo XXI está dificultando las tareas de planeación y prospectiva. Nadie sabe con precisión qué tan inmediatas, o benéficas, resultarán las transformaciones acarreadas por la revolución cuántica. Por primera vez en la historia, los avances científicos y tecnológicos lograron superar los límites físicos de la materia. La esencia de la quinta revolución industrial se ha vuelto un tema de debate.

La aplicación de la metodología de análisis multifase resulta adecuada para dirimir el papel de la ciencia moderna de datos, inteligencia artificial, metaversos y cómputo cognitivo como factores evolutivos de la actual industria digital 4.0. La metodología PJA, por su parte, ofrece una ruta simple para una parametrización consistente y consensuada de los coeficientes probabilísticos de las transiciones de fase.

Con sobrado potencial para dominar en poco tiempo el trabajo realizado por el ser humano, la tecnología IA en la industria 4.0 se encuentra plenamente en boga. No obstante, la vertiginosa dinámica que la era digital indujo en todos los procesos industriales será acelerada aún más por el inminente arribo de la era cuántica. El sector de la industria 4.0, las universidades, centros de investigación e instancias gubernamentales de políticas de innovación, deben afrontar conjuntamente el reto de trazar directrices para las transformaciones tecno industriales, laborales y socio culturales que traerá consigo la era cuántica: una revolución que hoy se encuentra a punto de estallar. 



REFERENCIAS

- Awan, U. (2021). Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations for future research. *Business Strategy and the Environment*. 30(4), pp 2038 -2060.
- Bai, C. (2020). Industry 4.0 technologies assesment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*. 229(2).
- Baverstadler A. (2021). Industry quantum computing applications. *Quantum technology*. 8(1). 215 – 219.
- Behl, A. (2020). Multi Criteria Analysis to Management. *Indian Institute of Technology*. Ed. IGI Global. Bombay, India.
- Bhasin, A. (2023). Quantum computing at inflection point: are we ready for a new paradigm? *IEEE Transactions on Engineering Management*. 70(7). pp. 2546 – 2557.
- Coccia, M. (2022). Technological trajectories in quantum computing to design a quantum ecosystem for industrial change. *Technology Analysis & Strategic Management*. 11(1). pp. 70 – 91.
- Frank, A. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*. 210(2). pp. 15 – 26.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitalization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 252(2) pp. 112 – 143.
- Ghobalkhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 29(6). pp. 910 – 936.
- Intel (2021). Hot Corporate Report: The World's Smallest Transistor Ever. <https://timeline.intel.com/2001/the-world's-smallest-transistor>.
- Jain, D. (2022). Enabling unmanned aerial vehicle borne secure communication with classification framework for industry 4.0. *IEE Transactions on Industrial Informatics*. 18(8), pp 5477 - 5484.
- Kamble, S. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature indentifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*. 117(2), pp 408 – 425.
- Larson, C. (2018). If artificial intelligence ask questions, will nature aswer? Preserving free will in a recursive self-improving AI cyber-secure quantum computing world. *Cosmos and History – Journal of Natural and Social Philosophy*. 14(1). 71 -82.
- Russel, R. (1991). A multiphase approach to period routing problem. *Networks: An International Journal*. 3(1), pp. 43 – 56.
- Science Index (2023b). Clarivate web of science. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/5d66849c-05c4-4b55-8483-e26977fec795-9ac62966/relevance/1>
- Srivastava, O. (2022). Adopting Industry 4.0 by leveraging organizational factors. *Technological Forecasting and Social Change*. 176(1). pp. 123 – 131.
- Sung, T. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. 132(3) pp. 40 – 45.



United Kindom Government (2023). Blechley International Declaration about Devolopment of Artificial Intelligence. <https://www.gov.uk/government/publications/ai-safety-summit-2023-the-bletchley-declaration/the-bletchley-declaration-by-countries-attending-the-ai-safety-summit-1-2-november-2023>.

Zhong, H. (2020). Quantum computational advantage using photons. *Science*. 370(6623), pp. 1460 – 1463.

Zonta, T. (2020). Predictive maintenance in de industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*. 150(1). pp. 214 -219.





Como citar:

Muñoz Flores, J., (2024), Revolución Cuántica en la Industria 4.0. *Administración y Organizaciones*, 27 (Especial)

<https://doi.org/10.24275/IHFA9553>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.



Los teleféricos como innovadora modalidad de transporte público sustentable

Ropeways as an innovative and sustainable public transportation mode

Daniel Villavicencio Carbajal^I y Sergio Gustavo Astorga^{II}

Resumen

La presente investigación converge entre estudios sociales de la ciencia y la tecnología y economía de la innovación. El objetivo del artículo consiste en proponer la idea de innovación en el servicio de transporte público con la implementación de los teleféricos en grandes ciudades de América Latina y el Caribe, y analizar las implicancias ambientales, sociales y económicas que conlleva. También intentamos identificar los impactos que tienen en la mejora del transporte en las metrópolis. La herramienta metodológica aplicada consiste en un estudio exploratorio de la implementación de teleféricos urbanos a nivel global, a partir de análisis documental y de entrevistas en profundidad con responsables de las empresas proveedoras de las tecnologías de la obra mecatrónica y del sector público involucrados. Los resultados encontrados nos permiten proponer que los teleféricos son una modalidad innovadora de transporte público desde una perspectiva ambiental, tecnológica y socio urbana.

Palabras clave: Transporte público; Transporte urbano; Innovación; Cambio tecnológico

Código JEL:R41, R42, R48

Abstract

This research converges between social studies of science and technology and innovation economics. The objective of the article is to propose the idea of innovation in public transport service with the implementation of cable cars in large cities in Latin America and the Caribbean, and to analyze the environmental, social and economic implications involved. We also tried to identify the impacts they have on the improvement of transportation in the metropolis. The methodological tool applied consists of an exploratory study of the implementation of urban aerial ropeways at a global level, based on documentary analysis and in-depth interviews with the heads of the companies supplying the mechatronic technologies and the public sector involved. The results found allow us to propose that cable cars are an innovative mode of public transport from an environmental, technological and socio-urban perspective.

Keywords: Public transport; Urban transport; Innovation; Technological change

JEL Code: R41, R42, R48

^IUniversidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Profesor-Investigador. Doctor en Sociología Industrial, Universidad de Lyon, Francia. Economía, Gestión y Políticas de Innovación. Contacto: dvillavic@correo.xoc.uam.mx  0000-0003-0563-3061

^{II}Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Doctorante. Magíster en Estudios Latinoamericanos, Universidad Nacional de Cuyo. Economía de la innovación. Contacto: sastorga@uvq.edu.ar  0000-0002-3038-2770

INTRODUCCIÓN

En este artículo nos interesa dar cuenta que la implementación de teleféricos en las ciudades constituye una modalidad innovadora de transporte público, con implicaciones tecnológicas, ambientales y socio-institucionales interesantes que es necesario analizar. Para ello, haremos una revisión de lo que ha ocurrido en varias urbes de América Latina y profundizaremos el análisis para el caso mexicano.

Aunque los teleféricos fueron diseñados para fines de traslado de bienes y productos y, posteriormente, para fines turísticos desde hace más de un siglo, su adopción como medio de transporte público tiene dos décadas en América Latina y el Caribe, así como en otras partes del mundo. Su introducción como modalidad de transporte público ha conducido a diversos cambios y mejoras para adaptarlo a condiciones de infraestructura urbana, presupuestos, capacidades técnicas, entre otros aspectos, resultando en diversos formatos como góndolas monocable, bicable, tricable y góndolas de pulso, tranvías aéreos y funiculares (Astorga, 2023).

En México comienza a funcionar la primera línea de teleféricos como servicio de transporte público en Estado de México en 2016 y durante el 2021 se crea una línea de teleféricos en la Ciudad de México. A la fecha, se implementan dos líneas de teleféricos urbanos en Estado de México (una línea en el municipio de Ecatepec de Morelos y otra línea en Tlalnepantla de Baz); donde la gobernación actual anunció en el 2024 el proceso para la construcción de una línea en el municipio de Naucalpan de Juárez. En el caso de la Ciudad de México, funcionan dos líneas: una, en Gustavo Madero; otra, en Iztapalapa; y se encuentra en construcción una tercera línea conectado zonas de Bosques de Chapultepec en las alcaldías de Miguel Hidalgo y Álvaro Obregón. De manera que la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) que cuenta con más de 20 millones de habitantes, tendrá 6 líneas de teleféricos en el corto plazo. Por otro lado, está en construcción una línea de teleféricos urbanos en Uruapan, Michoacán.

En el marco del proceso electoral en curso en la Ciudad de México, los candidatos a la Jefatura de Gobierno han anunciado la importancia de ampliar la oferta de transporte por teleféricos con hasta 5 nuevas líneas. A nivel nacional, también los candidatos presidenciales han manifestado la intención de analizar la factibilidad de su implementación en otras metrópolis. Este escenario muestra que en los próximos años se expandirá su implementación como transporte público en diferentes ciudades del país.

Con este artículo pretendemos responder a la siguiente pregunta: ¿desde qué perspectiva analítica podemos considerar que los teleféricos constituyen una modalidad innovadora y sustentable de transporte público? Intentaremos ofrecer una respuesta presentando, primero, los antecedentes de la trayectoria de los teleféricos urbanos; seguido de las tendencias globales que estimulan su implementación en las

ciudades; para concluir en sus atributos que lo distinguen y convierten en una innovación disruptiva en el régimen sociotécnico del transporte público.

La trayectoria de teleféricos hasta su uso como modalidad de transporte público comenzó en el siglo XXI. Sin embargo, existen antecedentes milenarios de cuerdas o cables que han transportado materiales y personas. En 1862 en la ciudad de Lyon, Francia, se implementa un teleférico moderno para el traslado de personas. Hacia finales del siglo XIX aparecieron en Europa, teleféricos y funiculares para el turismo de invierno. En este último sector ha tenido su mayor desarrollo con las incorporaciones de innovaciones en productos y servicios relacionados, particularmente en países europeos.

Actualmente compiten en la industria de teleféricos empresas de origen italiano y austríaco: Consorcio Leitner – Poma y Grupo Doppelmayr / Garaventa, cuyos productos y servicios abarcan desde instalaciones para el transporte de pasajeros, equipos de fabricación de nieve, plantas de clima invernal para uso comunitario y privado, sistemas de ticketing, informatizados y de acceso, instalaciones técnicas para el trazado, cuidado, mantenimiento y señalización de pistas de esquí, fondo y pistas de hielo; seguridad, salvamento y protección, obras de construcción en regiones alpinas, equipos de comunicación y vigilancia e instalaciones recreativas (Irteralpin, 2023). Estas empresas han participado en la construcción de líneas de teleféricos para transporte urbano en varias ciudades de América Latina.

En Europa se les atribuye a varios empresarios, a mediados del siglo XIX, ser los pioneros industriales en los antecedentes del transporte por cable. El primer funicular urbano se ubicó en Lyon, Francia, que desde 1862 transporta personas conectando Rue Terme y Croix Rousse a través de una máquina a vapor, se lo considera un antecedente relevante de los teleféricos modernos, con el tiempo se extenderá a diferentes espacios de la ciudad.

Por otro lado, Konrad Doppelmayr en 1893 fundó la empresa que lleva su apellido hasta la actualidad en el municipio de Wolfurt, Austria. Luego de varios desarrollos tecnológicos que posibilitan el transporte de materiales, en las primeras décadas del siglo XX construyen el primer teleférico para transporte de maderas (1928) y el primer telesquí (1937). La empresa comienza tempranamente a internacionalizar sus servicios y sus productos, construyendo teleféricos en Canadá. En la actualidad, también se destaca como empresa de formación acreditada por parte del estado local de Vorarlberg, Austria, donde anualmente se forman cientos de aprendices en áreas disciplinares acerca de la industria de teleféricos, ingeniería de productos y sus componentes.

En tercer lugar, el italiano Gabriel Leitner en 1888 fundó la empresa Leitner, que construyó el primer teleférico en el municipio de Bolzano (Italia) y el primer telesilla en Carvara, Italia, en el año 1947 (Leitner, 2024). “El triunfo del automóvil iniciado en 1920 en Estados Unidos y a partir del 1945 en Europa, expulsó al transporte por cable de las ciudades. A pesar de ello y gracias al aumento del turismo de invierno en las zonas

montañosas, el transporte por cable experimentó un enorme desarrollo tecnológico” nos cuenta un directivo de la empresa (Seeber, 2011:12).

En cuarto lugar, el francés Jean Pomagalski ha sido otro de los pioneros del transporte por cables en Los Alpes, patentando el dispositivo para el arranque progresivo de una carga accionada por un cable que se mueve a velocidad constante en 1936; alcanzando la creación de la empresa francesa Pomagalski en 1946 dedicada a la construcción de teleféricos. De hecho, esta última empresa, actualmente denominada Poma, será la encargada de la construcción del primer teleférico urbano en Medellín, Colombia, ya que obtuvo en el 2003 la concesión de la obra en conjunto con otras entidades públicas y privadas locales. En el 2021, esta empresa se asoció con la empresa italiana Leitner constituyendo el grupo empresarial HTI (High Technology Industries).

En la actualidad, estas empresas compiten en el mercado mundial por las obras mecánicas de tipos de teleféricos y sus servicios derivados (en montaña, movilidad urbana, ocio y turismo, transporte de materiales, energía eólica, proyectos especiales, entre otros) constituyendo un tipo de mercado oligopólico, donde las acciones de una empresa repercuten en las estrategias de mercado del resto.

TABLA 1. PRINCIPALES EMPRESAS INTEGRANTES DE CONSORCIOS INDUSTRIALES DE TELEFÉRICOS

Grupo Doppelmayr			High Technology Industries (HTI)		
Empresa	Sede	Producto / servicio	Empresa	Sede	Producto / servicio
Doppelmayr	Austria	Teleféricos	Leitner	Italia	Teleféricos
Garaventa	Suiza	Teleféricos	Poma	Francia	Teleféricos
CWA	Suiza	Cabinas	Bartholet	Suiza	Teleféricos
Carvatech	Austria	Pinzas	Agudio	Italia	Teleféricos de material
Gassner	Austria	Sillas y soportes de acero	Prinoth	Italia	Transporte de materiales
Frey Stans	Suiza	Sistemas de control y operación	Jarraf	Estados Unidos	Transporte de materiales
Input	Austria	Diseño de proyecto	Demaclenko	Italia	Sistemas de operación
LTW	Austria	Desarrollo e implementación de sistemas intralogísticos	WLP Systems S.r.l.	Italia	Sistemas de supresión de polvo e incendios
			Leitwind	Italia	Turbinas eólicas
			Troyer AG	Italia	Turbinas eólicas
			SKADII GmbH	Austria	Plataforma digital de gestión

Fuente: Elaboración propia en base a información de las empresas, 2023.

Finalmente, se reconoce que existen un centenar de empresas que aportan insumos o producen determinados componentes de los teleféricos. Por ejemplo, para la empresa Doppelmayr existen una decena de otras empresas, distribuidas en Austria y otros países, que sirven de proveedores de componentes de los teleféricos dado la economía de escala que se precisa en determinados proyectos. “Digamos que, en Europa, diferentes países aportan componentes para que un teleférico funcione. Las cabinas se fabrican en Suiza, las torres en Polonia, las estaciones en Austria y los cables en Alemania. Estamos haciendo estudios de como este sistema, teniendo en cuenta una cuestión de economía de escala, pueda trasladarse a América Latina. Por ejemplo, estuvimos haciendo estudios para que la producción local de un país pueda construir de 50 a 100 torres, esas torres se instalan cada 100 m. de una estación hasta la próxima estación...” (D. Lewinsky, entrevista personal, 28 de septiembre de 2023).

TABLA 2. PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO SEGÚN CONSORCIO INDUSTRIAL 2020/2021

	Grupo Doppelmayr	Leitner / Poma High Technology Industries (HTI)
Instalaciones globales de teleféricos	15.300	8.000
Países	96	144
Filiales u oficinas de representación	50	84
Trabajadores en el mundo	3.192	4.300
Trabajadores en país de origen	1.766	1.303
Aprendices	171	s/d
I+D	s/d	35,8 millones de euros
Volumen de ventas	763 millones de euros	1300 millones de euros

Fuente: Información proveída por empresas, 2023.

La tendencia de nuevos proyectos de teleféricos como modalidad de transporte público es creciente en todos los continentes. América Latina y el Caribe ha sido la región que incursionó inicialmente en dicha modalidad. Primero, en Medellín, Colombia (2004) y en la actualidad se han extendido líneas de teleféricos en Venezuela, Brasil, Bolivia, República Dominicana, México y Chile (ver la siguiente tabla). En el 2021 ya existían 29 líneas de teleféricos funcionamiento en 14 ciudades de América Latina y el Caribe, siendo operadas por 9 empresas públicas, en su mayoría, en un total de 96,38 km². En la actualidad, funcionan 34 líneas de teleféricos urbanos.

TABLA 3. TELEFÉRICOS URBANOS LATINOAMERICANOS Y CANTIDAD DE LÍNEAS

	Ciudad / País	Año de inauguración	Cantidad de Líneas en actualidad
1.	Medellín, Colombia	2004	6
2.	Caracas, Venezuela	2009	2
3.	Manizales, Colombia	2009	2
4.	Río de Janeiro, Brasil	2011	2*
5.	Mérida, Venezuela	2012	1
6.	La Paz, Bolivia	2014	11
7.	Santiago de Cali, Colombia	2015	1
8.	Ecatepec de Morelos, Estado de México	2016	1
9.	Santo Domingo, República Dominicana	2018	2
10.	Bogotá, Colombia	2018	1
11.	Guayaquil, Ecuador	2020	1
12.	Pereira, Colombia	2021	1
13.	Gustavo Madero, Ciudad de México	2021	1
14.	Iztapalapa, Ciudad de México	2021	1
15.	Tlalnepantla de Baz, Estado de México	2023	1
16.	Santiago de los Caballeros, República Dominicana	2024	2
Total de Líneas			36

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por las empresas, 2023. *El teleférico de Río de Janeiro dejó de funcionar en el 2016 por ausencia de financiamiento estatal.

Debemos señalar dos características importantes relacionadas con la adopción del teleférico en la mayor parte de las ciudades de América Latina. En primera instancia, la topografía de las ciudades, que cuentan con zonas habitadas en partes elevadas y alejadas del centro donde se ubica la mayor parte de servicios (educativos, hospitalarios, oficinas de gobierno, etc.). En segunda instancia, la conexión de dichas zonas habitadas principalmente por familias con bajos ingresos, con el resto de la ciudad.

Ahora bien, es preciso señalar cuales son las tendencias globales que están influyendo en el crecimiento de la adopción de esta novedosa modalidad de transporte público en las ciudades. Se destacan factores ambientales, políticos, económicos, socioculturales, tecnológicos y normativos.

TENDENCIAS GLOBALES

Los procesos de transición energética y de transporte sustentable se dan con la presencia de tensiones ideológico políticas, ya que existen gobiernos que reconocen la importancia de participar activamente en estos procesos; en cambio, otros desconocen la relevancia de estas problemáticas. El pensamiento político verde se expande desde la década del 70 en el siglo pasado y ha dado lugar a diferentes aportes teóricos (Dobson, 1997; Valencia, 2000; Cimoli, 2023; Geels et al., 2016).

Frente a este contexto de ideologías emergentes aparece una agenda de desarrollo sostenible global. México aprobó la Ley General de Cambio Climático desde el 2012 estableciendo las competencias de las distintas jurisdicciones (federal, estatal y municipal) en la formulación de programas en infraestructura y transporte eficiente y sustentable, público y privado; por otra parte, se establece entre los objetivos de las políticas públicas para la mitigación, promoción de transporte público sustentable, el uso de bicicletas, mecanismos de subsidios para la eficiencia energética y el transporte público sustentable, entre otras disposiciones.

Tendencias medioambientales

El sector de transporte se señala como una de las fuentes relevantes de emisiones de gases de efecto invernadero, en particular en América Latina y el Caribe. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a través de sus informes sectoriales da cuenta del incremento de emisiones del sector transporte desde 1970 a 2010 en un 88%. También, aborda las diferentes estrategias emprendidas para mitigar sus efectos, como la alineación de la Estrategia de Infraestructura con la Estrategia de Cambio Climático en la región, promoviendo la adopción de transporte sustentable con financiamiento específico a proyectos del sector y proyectos técnicos no reembolsables.

Las transiciones a sistemas de cero carbonos implican desafíos socioeconómicos y tecnológicos para los países, en especial para los países en vías de desarrollo donde la producción de combustibles fósiles es la principal fuente de ingresos nacionales, o en aquellos países de ingresos bajos que tienen mayores limitaciones en reconvertir la infraestructura urbana y la flota de transporte o incorporar la adopción de energías alternativas renovables.

La descarbonización de las ciudades ha implicado la adopción de innovaciones en bienes, productos y servicios relacionados con el transporte público, por ejemplo, la adopción de los teleféricos como modalidad de transporte público dado que no genera contaminación en las ciudades para el traslado de personas. Nuevos artefactos y materiales, la promoción de la electromovilidad, renovadas dinámicas en la industria, promoción de política de economía circular en diversos sectores, tratamiento de residuos sólidos urbanos, entre otros. La incorporación de tecnología Euro V Plus, basados en filtro de partículas y filtro de oxidación de diésel, que reducen hasta 98% de emisiones contaminantes, en nuevos autobuses (TYT, 2020:30), así como los autobuses eléctricos en ciudades europeas y asiáticas.

La adopción de nuevas tecnologías e innovaciones en el sector, además, han sido empujadas por la tendencia del desarrollo de energías renovables y perspicaces gestiones de los recursos naturales. Frente a la dinámica del cambio climático y descarbonización de las ciudades, determinados recursos han cobrado mayor relevancia en el mercado mundial. El litio, por ejemplo, se ha convertido en un recurso estratégico en la industria.

Tendencias tecnológicas

Otra de las tendencias globales relevantes que están influyendo en el régimen sociotécnico del transporte público es la electromovilidad. Los acuerdos internacionales están empujando hacia la utilización de transportes eléctricos para disminuir la contaminación en las metrópolis.

La transición hacia la electromovilidad implica utilizar artefactos eléctricos (vehículos particulares, autobuses, trolebuses, teleféricos, etc.) con retos en el campo ingenieril y tecnológico, dados los tiempos de cargas, las temperaturas, el tiempo de vida, los ciclos de carga y descarga, los límites de las baterías de litio (en algunos artefactos), etc. Se plantea un debate sobre el impacto de las baterías después de su uso, además que no existen normas regulatorias sobre el destino final de las baterías no existen normas regulatorias. La necesidad de infraestructura sustentable de carga de vehículos adecuadas también se plantea como un desafío.

Para las ciudades de América Latina, la tendencia tecnológica plantea algunos desafíos dada la existencia de vacío técnico, regulatorio y urbanístico. Así, se torna relevante ampliar los análisis sobre las implicancias de una transición hacia modalidades de transporte urbano eficientes, modernos y amigables con el medio ambiente. Asimismo, es necesario ofrecer elementos para la promoción de políticas públicas integrales y sustentables, con una visión prospectiva, con articulaciones entre los diferentes actores involucrados, con participación ciudadana y utilizando la diversa cantidad de datos disponibles.

Se debe tener en cuenta la tipología de artefactos que implica esta transición. “La electromovilidad es un concepto más amplio que incluyen una serie de tipologías: los nuevos artefactos de movilidad con batería eléctrica o 100% eléctricos, los PHEV o híbridos enchufables y con celdas de combustibles que incluyen vehículos de dos y tres ruedas, automóviles, camionetas comerciales ligeras, autobuses, camiones y otros” (García Bernal, 2019: 2-3).

Por otra parte, se evidencia una adopción heterogénea en nuestros países. China avanza crecientemente en su uso y como líder en venta de vehículos eléctricos. En América Latina y el Caribe, por ejemplo, en la adopción de buses eléctricos, países como México, Colombia y Chile, de acuerdo con el Informe del PNUMA (2021) tienen una mayor presencia en el mercado.

El mercado emergente de movilidad aérea avanzada es otra tendencia global en innovaciones para el sector de transporte y movilidad urbana. Se refiere a los artefactos que

utilizan el espacio aéreo para el traslado de personas y mercancías. Existen varias empresas e instituciones de I+D que están abordando estos nuevos artefactos.

La empresa Lilium ha desarrollado el primer jet eléctrico de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL), en estado de piloto, ya se encuentra en etapa de simulación de entrenamiento. Skyroads creada en 2019, se presenta como una empresa alemana con sede en Múnich, dedicada a gestionar el tráfico en el espacio aéreo urbano de las ciudades para drones y puertos de aterrizaje, certificado por autoridades de aviación. El Grupo Aeroespacial Volatus de Canadá también está innovando en diferentes tipos de drones para el traslado de personas y bienes.

La Agencia Europea de Seguridad Aérea creada en 2018 en el ámbito de la Unión Europea intenta unificar patrones de aeronavegabilidad regional. Tendrá los desafíos de crear las normas comunitarias sobre el transporte aéreo, drones, puntos de aterrizaje, taxis voladores, rediseñar el entrenamiento, certificaciones de pilotos y operadores, capacitación de fuerza de trabajo, etc.

Dubai y Singapur se presentan como líderes en el diseño y el uso de estos artefactos de movilidad aérea sustentable. Existen dos modelos de movilidad: vehículos aéreos no tripulados (SVANT) y aeronaves de despegue y aterrizaje vertical (VTOL). El primer caso, se refiere a un sistema integrado por vehículo aéreo no tripulado, estaciones de piloto remoto conexas, enlaces de mando y control y otros elementos necesarios durante la operación del vuelo. No requiere acreditación de certificado de aeronavegabilidad. Algunos países ya han regulado el uso de estos artefactos. En el segundo caso, se refiere a una aeronave propulsada a motor, más pesada que el aire con capacidad para despegar y aterrizar de manera vertical mediante unidades de sustentación. Requiere certificado de aeronavegabilidad y de nivel de ruido, puede ser utilizado en operaciones para el traslado de bienes, pasajeros y para servicios médicos. Aún en la mayoría de los países no existen normas o reglamentaciones sobre estos nuevos artefactos.

Ciertas ciudades se muestran cautas en incorporar teleféricos como modalidad de transporte, dado que pueden sufrir procesos de cambio ante la emergencia de innovaciones en movilidad aérea urbana. Las condiciones geográficas han sido determinantes en las ciudades para la adopción de teleféricos como modalidad de transporte público; sobre todo con la finalidad del ahorro del tiempo de traslado (Suarez-Alemán y Serebrisky, 2017). Las principales ciudades de la Unión Europea se adecuan a las rigurosas normas comunitarias urbanísticas para adaptar el entorno urbano al funcionamiento de estas nuevas tecnologías de transporte, lo que explicaría el retraso en su implementación. París, por ejemplo, avanza en la construcción de su primera línea de teleféricos previendo su inauguración en el 2025.

ENFOQUE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación propuesta se intentó encontrar puntos de convergencia para el abordaje de la relación entre las capacidades estatales y las innovaciones en los servicios de transporte y la movilidad urbana para el caso de estudio en metrópolis o complejos enclaves poblacionales, para lo cual se considera relevante la utilización del marco analítico denominado enfoque sociotécnico. Dicho enfoque ha tenido una fuerte presencia en las discusiones de procesos transicionales de tecnologías ante la emergencia de los problemas derivados del cambio climático, así como en la emergencia de tecnologías sociales, debates y controversias sociotécnicas de nuevas tecnologías, etc.

Se destaca que han surgido escuelas o diferentes corrientes del enfoque sociotécnico que introducen conceptos analíticos para el abordaje de problemáticas complejas. Así, para esta investigación se consideró oportuno integrar a dos de estas escuelas: la denominada corriente holandesa de estudios transicionales y la corriente latinoamericana de estudios sociotécnicos. El primero, eminentemente aplicado a estudios europeos, anclado en industrias maduras y el segundo más centrado en cuestiones de microescala y en contextos latinoamericanos.

El campo de nuevas trayectorias tecnológicas se relaciona directamente con transiciones hacia la sustentabilidad ante problemas como el cambio climático. Lo anterior implica utilizar herramientas conceptuales que permitan un acercamiento a distintas variables en distintos niveles de los contextos donde las nuevas tecnologías emergen y proliferan. Geels y Schot (2010: p. 12) definen las transiciones como “procesos de coevolución que requieren múltiples cambios en los sistemas sociotécnicos”, esto puede incluir cambios en determinadas prácticas, interacciones entre diferentes grupos sociales, nuevas instituciones, etc.

El sistema sociotécnico se analiza a partir de la observación de los recursos, los grupos sociales relevantes, las instituciones y las reglas, estos elementos dan dinamismo y organicidad al sistema. Las interacciones que se dan entre los actantes se dan a partir de reglas en distintos niveles y con grados de autonomía. Los diferentes grupos sociales relevantes imprimen reglas que influyen en las dinámicas. Estas expresan aspiraciones o expectativas sobre las tecnologías. Geels (2004) busca entender cómo ocurren procesos de estabilización o de cambio tecnológico en determinados sectores; cuáles son las condiciones de la estabilidad y cómo se expande el cambio tras la emergencia nichos de innovación; es decir, cambios que se expanden al resto del sistema y modifican a su vez a las reglas de juego de los actores económicos e institucionales y de la sociedad en su conjunto.

Las alternativas para el abordaje de la innovación incluyen análisis micro, estudio de casos, o bien análisis meso de los sistemas sociotécnicos. En esta perspectiva los sistemas sociotécnicos incluyen niveles: paisaje (macro); régimen (meso) y nicho (micro). De acuerdo con Geels y Schot (2007) el paisaje implica el entorno sociotécnico amplio que incluye componentes tangibles e intangibles (instituciones, funciones del mercado; valores,



creencias y cosmovisiones). El paisaje puede presionar al régimen y abre ventanas de oportunidad para innovar.

El régimen sociotécnico incluye prácticas, reglas y tecnologías predominantes que aportan estabilidad a los sistemas sociotécnicos. El régimen es un arreglo de subsistemas, en las que se incluyen las relaciones industriales y de mercado, la educación e investigación, entre otros subsistemas. Tomando el caso del transporte urbano, en el régimen se encuentran las tecnologías usadas en el transporte (metro, teleféricos, autobuses eléctricos, y los vehículos con motor de combustión interna). También se encuentran los organismos públicos encargados de definir las normas de tránsito, la creación de infraestructura para la movilidad, la planeación urbana, etc. Tenemos, además, las empresas públicas o privadas que ofrecen servicios de transporte a los usuarios, así como la dinámica misma del flujo de usuarios a los distintos puntos de una metrópoli (al trabajo, a la escuela, a mercados para realizar compras, etc.)

Por último, el nivel de nicho implica el área donde la innovación y la experimentación se puede desarrollar. Un nicho de innovación puede aparecer por la presión del paisaje (por ejemplo, acuerdos internacionales sobre el cambio climático, acuerdos comerciales, cambio de régimen político, o de estrategias macro económicas de un país) y/o por la existencia de actores (empresas, laboratorios científicos) que ponen a prueba innovaciones científico-tecnológicas ante algún problema u oportunidad de mercado. La difusión de dichas innovaciones en el régimen sociotécnico vigente, dependerá de la viabilidad y capacidad de la nueva tecnología para reemplazar funciones de tecnologías previas, para aportar soluciones a los problemas de la sociedad, o para responder a necesidades de grupos sociales no cubiertas por las tecnologías existentes. Cuando alguna de estas situaciones ocurre, el nicho se despliega y afecta distintas variables del régimen sociotécnico, convirtiéndose en una innovación que trasciende y es adoptada por todo el sistema.

Ahora bien, para que las innovaciones se consoliden como tales en el sistema, requieren de una suerte de acompañamiento institucional que favorece o sintoniza la co-evolución de distintas variables. Aquí cumplen un rol fundamental los gobiernos, que mediante la revisión o reordenamiento de las reglas de juego institucionales y/o del mercado, permiten que las innovaciones vayan siendo validadas y adoptadas por el régimen sociotécnico. Tratándose del servicio público de transporte urbano, el concepto que en este sentido orienta nuestra reflexión, es el de capacidades estatales.

Las capacidades estatales se definen según Repetto (2004) como “la aptitud de las instancias gubernamentales de plasmar a través de políticas públicas los máximos niveles posibles de valor social o valor público; su ejercicio cuenta con los atributos de coordinación, flexibilidad, innovación, calidad, sustentabilidad y evaluabilidad” (p. 8).

Desde el punto de vista conceptual y metodológico, nuestra investigación intenta vincular los enfoques sociotécnicos con el de capacidades estatales, definiendo las variables y categorías empíricas que permiten caracterizar los teleféricos como una innovación en el de transporte urbano.

Para el abordaje de los casos de estudio se han realizado investigación cualitativa que incluyó estudios de casos, haciendo hincapié en las interacciones de grupos sociales relevantes, con observación directa (datos primarios) e indirecta (datos secundarios), recolección de datos documentales, estadísticas oficiales, entrevistas en profundidad a los referentes claves y protagonistas del régimen sociotécnico del transporte público, juicios de expertos; nos acercan a las ideas de los sujetos involucrados (desde la perspectiva de la gestión de la innovación pueden distinguirse: aliados públicos, aliados privados, promotores y usuarios).

Las corrientes del enfoque sociotécnico pueden considerarse como teorías generales; lo que nos obliga a precisar otras categorías de otros enfoques analíticos desde la economía de la innovación que nos permitan explicar por qué se produce la innovación en determinados contextos. Tras la definición empírica fenomenológica se consideró la precisión de ciertas categorías para perforar esa realidad y poder abstraerla, con el interés de responder ¿Por qué se produce y cómo se produce la innovación en el servicio público de transporte y movilidad urbana en contextos complejos metropolitanos?

LA NOVEDOSA MODALIDAD DE TRANSPORTE PÚBLICO

Los teleféricos aparecen como modalidad novedosa de transporte público en ciudades importantes de América Latina en el Siglo XXI. Su incorporación implicó innovaciones organizacionales, institucionales, en la infraestructura urbana, además de la transferencia y adopción de la tecnología correspondiente a las cabinas o góndolas que se utilizan para trasladar a los pasajeros. Podemos decir incluso que en algunos casos implicó cambios importantes en el imaginario y las prácticas de desplazamiento de los usuarios, no acostumbrados a trasladarse por aire, sobre casas, edificios y avenidas de distintos barrios.

La decisión de los gobiernos municipales y/o federales para elegir esta modalidad de transporte comprende variables de costos de construcción de las líneas y de la tecnología asociada al traslado de pasajeros (que resultan ser más bajos que las líneas del metro convencional), así como la de sustentabilidad, pues se trata del uso de energía eléctrica que sustituye la gasolina de los autobuses y de los microbuses.

A modo de ejemplo podemos mencionar que los teleféricos de Medellín transportan 62.600 pasajeros por día y en La Paz – El Alto, 273.000 pasajeros. En Ciudad de México, 141.000 viajes diarios -en este caso, sus dos líneas en funcionamiento se constituyen en las más largas del mundo con más de 85 millones de viajes desde su inauguración en el 2021) (SEMOVI, 2024). Al sumar la cantidad de pasajeros de las dos líneas de teleféricos en Estado de México, que alcanzan más de 41.800 pasajeros diarios, resulta que en la Zona Metropolitana del Valle de México se trasladan a través de transporte por cable más de 182.800 usuarios por día.

La implementación de la nueva modalidad de transporte público implica también la sustitución de rutas de buses o de microbuses, en algún caso condujo a negociaciones con los choferes, conformación de empresas, chatarrización de buses o microbuses que ya no



contaban con la vida útil necesaria para prestar el servicio con seguridad y calidad. En la Tabla 3 puede observarse una estimación de la cantidad de buses sustituidos por las líneas de teleféricos en la Ciudad de México, La Paz – El Alto y Medellín.

TABLA 4. ESTIMACIÓN DE RELACIÓN ENTRE TELEFÉRICOS EN FUNCIONAMIENTO Y BUSES / MICROBUSES SUSTITUIDOS

Ciudad	Cantidad de líneas de teleféricos	Cantidad de pasajeros diarios	Cantidad de buses o microbuses sustituidos por los teleféricos (aprox.)
Ciudad de México (Gustavo Madero – Iztapalapa)	2	141.000	400
Estado de México (Ecatepec de Morelos -- Tlalnepantla de Baz)	2	41.800	150
La Paz – El Alto - Oruro	11	273.000	800
Medellín	6	62.600	200

Fuente: Elaboración propia en base a datos de las entidades públicas administradoras de la operación de los teleféricos, 2024.

Tipología de teleféricos y sus componentes

Se pueden distinguir diferentes tipos de teleféricos, que se adecuan a las demandas y exigencias de los gobiernos que deciden su uso. Existen teleféricos con sistemas vaivén o de movimiento continuo, donde el principal componente es el cable tractor y otros componentes, como las góndolas o cabinas, que pueden ser grandes o pequeñas. Cada uno de estos tipos implican diferentes tecnologías, capacidades de traslado, vida útil, e incluso costo de construcción y de operación.

En cuanto al artefacto, que ha ido modificándose con las incorporaciones de productos y tecnologías, se compone de una línea que incluye pilonas, balancines y cable; el cable de acero; la pinza que sujeta la góndola y los cables (puede ser fija o desembragable); los balancines (que incluye las poleas, cuyas características dependen del peso a transportar), las cabinas, góndolas o vagones; las estaciones y las torres, pilonas o vías.

Estos son los componentes que a simple vista pueden distinguirse al observar un teleférico en funcionamiento. Sin embargo, como bien lo señala Seeber (2011), se existe tecnología oculta que ha ido evolucionando con los aprendizajes que han surgido con los nuevos proyectos de teleféricos que se implementan en las ciudades.

Se ha avanzado en la definición del equipo motor, los sistemas de control y los softwares de seguridad y de mando en las estaciones. Aunque se implementen para el transporte público, varias de estas tecnologías ya se utilizaban en los teleféricos turísticos o con finalidad de traslado de materiales.

“Una estación de teleférico cuenta con una maquinaria de control, un motor eléctrico y una rueda de paso que es grande y cerrada; dentro del centro existe un cable, esta rueda es dirigida por el motor eléctrico; en las laderas de la estación existen puertas para guiar la rueda, dado que estamos elevados, actuando por encima del suelo, tenemos que apoyar la rueda para quedarse por encima del suelo. Luego tenemos la siguiente estación que normalmente se llama la estación de retiro, donde existe tensión para la rueda que está incluida así que también tenemos la correcta tensión. Se cuentan con equipos de seguridad en la estación, en las estaciones de retiro que recaban información de la operación, observan todo el tiempo la operación y garantizan una mejor seguridad. Finalmente, tenemos las góndolas que están conectados por la rueda, no tenemos motor ni brazos en los vehículos, así que estamos fijados en la rueda de la estación, la rueda mueve las cabinas o góndolas de una estación a la otra y así que este es el secreto por el que solo usamos un motor y porque somos eléctricos, no tenemos brazos y no existe contaminación ambiental en la estación y esto es uno de los beneficios más valiosos para la instalación de la cabina” (R. Fitz, entrevista personal, 8 de noviembre de 2023).

Fases de diseño e implementación de teleféricos urbanos

En el proceso de diseño e implementación de teleféricos como modalidad de transporte público, en forma sintética, pueden distinguirse 10 fases. En primer lugar, estudios de prefactibilidad (demanda, económico-financiera y urbanístico) a cargo de la entidad pública que decide colocar en su agenda pública sus intenciones de la modalidad de transporte público, dando intervención a otras dependencias involucradas.

Desde el punto de vista del ordenamiento urbano, los estudios tienen en cuenta el impacto urbano y sus obras de mitigación. Por otra parte, se observa el cumplimiento de normas convencionales de construcción y de protección civil, a través de la intervención de las dependencias públicas responsables.

Queda pendiente la identificación de necesidades normativas urbanas asociadas directamente a esta modalidad de transporte, además de las situaciones nuevas que deban regularse. En ese sentido, los entrevistados dan cuenta que se siguen las normativas europeas que regulan este tipo de artefactos, que aseguran la seguridad y la calidad de las obras.

En segundo lugar, estudios técnicos, una vez ya decidida su construcción, que pueden ser realizado por agencias locales o internacionales dedicadas a estudios de proyectos especiales. La dependencia encargada de las obras públicas, de acuerdo con los estudios técnicos, convoca a licitación pública (nacional y/o internacional) siguiendo la normativa vigente. Una vez, resuelto el proceso de licitación o de concesión de obra, se da inicio al proceso de ingeniería y construcción de la obra civil y mecatrónica.

Se inicia la producción de los componentes por parte de las empresas responsables. Estas suministran los componentes en las diferentes etapas de construcción. Una vez distribuidos los suministros, se inicia la instalación de los componentes de teleféricos.



La fase 8 implica la puesta en marcha, donde se ponen a pruebas los diferentes componentes. Ya cumplida esta etapa se puede dar lugar a la inauguración, para finalmente llevar a cabo la operación pública.

Fase 1	Prefactibilidad
Fase 2	Estudios técnicos
Fase 3	Proceso de licitaciones / concesiones de obra
Fase 4	Ingeniería (obra civil y obra mecatrónica)
Fase 5	Producción de componentes de teleféricos
Fase 6	Suministro
Fase 7	Instalación
Fase 8	Puesta en marcha
Fase 9	Inauguración
Fase 10	Operación pública

Atributos tecnológicos y normativos

Los teleféricos como modalidad de transporte público emergen con tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo. De teleféricos primitivos que funcionaban con materia prima vegetal o animal, a aquellos que fueron pensados para el traslado de materiales de construcción, existe como común denominador: los cables. Será el principal componente que con el desarrollo de la revolución industrial se implementarán teleféricos con cables de acero.

Varios tipos de tecnologías se relacionan con los teleféricos: los cables diseñados para trasladar mayor cantidad de pasajeros, que funcionan en condiciones ambientales adversas (frío o calor extremo), software de seguridad, sensores en las góndolas, etc. El Ingeniero G. Trattenero, directivo de la empresa Leitner para México comenta que:

“Las líneas de teleféricos de Ecatepec o de Ciudad de México son teleféricos desarmables. Existen teleféricos de ir-venir como en Puebla o Durango, que tienen fines turísticos, que poseen otro tipo de tecnología, más sencillas; pero es una tecnología en general muy madura. Es una tecnología que tiene ya muchos años de desarrollo”. (G. Trattenero, entrevista personal, 13 de marzo de 2023).

Los teleféricos de tipo transporte urbano funcionan con telecabinas desarmables. Los componentes del teleférico como modalidad de transporte público incluyeron: sensores que se colocan en las góndolas o cabinas que generan información sobre el uso, la seguridad, la eficiencia, esta información se interpreta para la toma de decisiones que tienden a la mejora del servicio; procesos de digitalización en sus componentes (cabina D-Line o Tri-Line de Doppelmayr; Premium Evo de Leitner, por ejemplo); inclusión de la robotización en el proceso de producción de los componentes; nuevos servicios asociados como modelo Bike Cab, Bike rath o Bike Carrier para el traslado de bicicletas en espacios de montaña; la incorporación en el mercado incluye un teleférico autónomo de la empresa Doppelmayr, sin personal, llamado Auro, que se implementa en proyectos en funcionamiento en Suiza.

El teleférico incluye, en la actualidad, una estación con una maquinaria de control con motor eléctrico y una rueda que moviliza las góndolas o cabinas a través de un cable de acero. Las tecnologías utilizadas en el desarrollo de los teleféricos han evolucionado de acuerdo con las necesidades de los usuarios y los clientes. Contar con mayor capacidad de traslado, las conexiones de mayores distancias, la atención a cuestiones de mayor seguridad (en territorios sísmicos, por ejemplo) o de mayor comodidad (en ambientes de bajas temperaturas, por ejemplo), llevaron a la adaptación de nuevas tecnologías.

En Europa, los diferentes Estados establecieron regulaciones nacionales para el transporte por cable. Posteriormente, han emergido regulaciones en la Unión Europea. Básicamente, estas regulaciones regionales son las que también se aplican cuando se implementa un proyecto de teleféricos urbanos en otras ciudades del mundo.

Las directrices CEN-CELENEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) estableció los parámetros para una estandarización de los procesos de producción de sus componentes, los mecanismos de control y de gestión, las penas por incumplimientos, los mecanismos de aseguramiento de la calidad, la seguridad y la confianza.

“Esto es uno de los niveles de seguridad más altos y de los estándares que tiene la industria de teleféricos, es una combinación entre las normas italianas, francesas, suizas y del mercado austriaco y también el mercado alemán, así que fue una mezcla de muchas diferentes normas que podemos seguir las mismas regulaciones y tomar cuidado de que los estándares de seguridad se dan. Y esto fue uno de los más grandes avances y planteo desafíos en los últimos 20 años, porque ahora tenemos un estándar de calidad y todos ofrecemos el mismo estándar y estamos actuando de la misma manera”. (R. Fitz, entrevista personal, 8 de noviembre de 2023).

Atributos socio-urbanos

La modalidad de transporte público a través de teleféricos, no sólo tiene un valor de uso y un valor público asociado al servicio, como la comodidad, la seguridad, el tiempo total de traslado (Arguelles, 2018, Arguelles y Villavicencio, 2018); sino que también incluye valores que trascienden el paisaje o el ordenamiento territorial y el desarrollo de otras políticas asociadas a la prestación del servicio como la promoción de la cultura, el deporte, el bienestar social de las comunidades en que se instalan las diferentes líneas de teleféricos.

El crecimiento de las metrópolis obligó a pensar nuevas estrategias de modalidades de transporte público, entre otras políticas urbanas. En el Norte de África (específicamente en Argelia) surgieron las primeras intenciones de implementar transporte por cable para pasajeros de las grandes ciudades.

“En los años noventa, algunos dirigentes políticos de ciudades en el Norte de África vinieron a la empresa y preguntaron si era posible resolver sus problemas de transporte con los teleféricos, ya que la topografía de estas ciudades evidencia terrenos elevados incluso con pequeños ríos que atravesaban (...) Fue una historia de gran éxito, por ejemplo, para Argelia.



Así que más y más ciudades vinieron y nos preguntaron si la tecnología de los teleféricos podía ser usada para el transporte público". (R. Fitz, entrevista personal, 8 de noviembre de 2023).

La implementación de la modalidad de servicio público implica detectar la necesidad del nuevo servicio, se debe adaptar al contexto, adoptar asimismo una estrategia comunicacional que permita a los usuarios familiarizarse con el nuevo servicio, conocer los horarios, las estaciones o las paradas. Como Seeber (2011) lo señala, también permita favorecer la política de la ciudad y la proximidad, incluso a través de la arquitectura de las estaciones o la distribución de las líneas de teleféricos se favorece la estética, el paisaje y el ordenamiento territorial de la ciudad o el espacio implicado.

La adopción de la modalidad de transporte por cable implica también mejora en la calidad de vida de los usuarios, dado que el tiempo de traslado se reduce. La comodidad, la seguridad, también repercute en esta calidad de vida de los ciudadanos. La empresa francesa Poma obtuvo la concesión de las obras de líneas de teleféricos en Medellín, Colombia. En ese caso se planteó como una alternativa de transporte al Metro. Se planificó como una estrategia de conexión intermodal, es decir, que un pasajero podía utilizar otra modalidad de transporte en sus viajes cotidianos. La experiencia de Colombia se replicó en otras ciudades latinoamericanas: La Paz, Bolivia; Bogotá; Río de Janeiro; Caracas; etc. En México, se decide proyectar su implementación en el 2012.

Otra cuestión para tener en cuenta en la implementación de teleféricos como transporte público se refiere a la vida útil y el costo fijo del mantenimiento del servicio (que forma parte del gasto corriente), dado que se estima que un teleférico tiene una vida útil de 20 a 30 años, depende de su capacidad de uso y del tiempo de utilización diaria. Las normas de funcionamiento establecen requisitos de mantenimiento diario, mensual y anual, dado que sus componentes requieren revisión constante. Tras ese período de tiempo, se deben cambiar algunos componentes como el control electrónico. Los artefactos que se encuentran en desuso pueden ser reciclados, se han observado estos en numerosos restaurantes o bares que pueden utilizar las góndolas como espacios para atención de clientes. Existe una normativa rigurosa en cuanto a los artefactos en desuso, principalmente en Europa.

Por último, se resalta dentro de las bondades de la modalidad de servicio de transporte, la posibilidad de incluirse dentro de las estrategias de intermodalidad o de servicio de transbordo, donde permita al usuario poder seguir su viaje a través de diferentes opciones de movilidad.

Atributos ambientales

Los teleféricos como modalidad de transporte público poseen cualidades en favor del medio ambiente que también se resaltan. Seeber (2011) presenta un análisis comparativo con otras modalidades de transporte, destacando la capacidad de traslado de personas, las facilidades de infraestructura al ser un servicio que no compite por rutas como el resto de

las modalidades de transporte. “Transporte por cable (hasta 8.000 pasajeros por hora) se encuentran en el rango de los autobuses (3.500) y tranvías (10.000)”. (p. 92)

Por otra parte, se destaca ser un transporte cero emisiones de carbono, completamente eléctrico. En contextos globales, donde la electromovilidad se ha instalado como un paradigma a seguir por los diferentes gobiernos y áreas metropolitanas, la opción de los teleféricos está contando con mayores adeptos. Por los costos y los beneficios ambientales, el teleférico supera a otras opciones de transporte como los autobuses, los taxis y los vehículos particulares.

Christoph Rehm, Gerente de Ventas Doppelmayr para América Latina, explica la cantidad de pasajeros que se pueden transportar por el teleférico en comparación con el Metrobús¹ en la Ciudad de México. Los teleféricos se consideran un transporte sustentable, en primer lugar, porque se mueve con energía eléctrica (aunque en menor medida, la generación de energía eléctrica también es contaminante en función de las fuentes de energía utilizadas para generarla. Por ejemplo, en México, la CFE – Comisión Federal de Electricidad- usa combustóleo para generar electricidad). Por otra parte, es una modalidad de transporte silencioso. Por último, puede alimentar un sistema de interconexión intermodal con otras modalidades de transporte. Es decir, que no compite ni sustituye las otras modalidades de transporte público, sino que, al contrario, las complementa.

De acuerdo con las estimaciones de SEDEMA (2022), la implementación de teleféricos en la Zona Metropolitana del Valle de México ha conducido a la reducción anual de 3.600 toneladas de CO² reducidas en 1 año. Además, según los datos de la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México, se han rehabilitado áreas verdes que incluyen: 21.388 m² de áreas verdes, 961 árboles plantados y 183.524 plantas y arbustos (SEMOVI, 2024) en las estaciones de las dos líneas en funcionamiento.

CONCLUSIONES

El ininterrumpido crecimiento de algunas ciudades de América Latina ha conducido a la búsqueda de mejoras en el transporte para coadyuvar a la solución de varios problemas como son: los bloqueos por la congestión del tráfico, los costos asociados al tiempo de traslado de las personas, la contaminación provocada por el uso de vehículos particulares con motores de gasolina. Ante ello, la construcción de líneas de teleféricos aparece como una modalidad innovadora y sustentable desde diversas perspectivas.

Se trata de una modalidad que se apega a los esfuerzos por la descarbonización de las ciudades, en tanto que utiliza energía eléctrica para trasladar miles de personas diariamente. En las megalópolis latinoamericanas, su uso está enfocado a zonas de difícil acceso y para ciudadanos de ingresos medios y bajos, de suerte que podemos hablar de un transporte “inclusivo”. Asimismo, ofrece a los usuarios una forma distinta de viajar: por aire,

¹ El Metrobús es un autobús largo que circula por un carril exclusivo, la Ciudad de México cuenta con 7 líneas y 2 servicios especiales de esta modalidad con un total de 174,6 km y 283 estaciones.



evitando tumultos y de manera segura, lo que lo diferencia sustancialmente del traslado en los autobuses urbanos (públicos o concesionados) que generalmente circulan con sobrecarga de pasajeros en las horas de mayor afluencia.

Finalmente, para los gobiernos de las ciudades, la implementación de los teleféricos ha implicado procesos de innovación organizacional e institucional, en tanto que se requirió el establecimiento de nuevas normas, articulación con las otras modalidades de transporte, nuevas asociaciones público/privada para la construcción, el mantenimiento y la gestión cotidiana del servicio. Incluso, ha sido necesaria la creación de nuevas oficinas o agencias públicas encargadas de la gestión y supervisión de todo el sistema tecnológico y organizativo de las líneas de teleférico.

A 20 años de la primera línea de teleféricos construida en Medellín, Colombia, hoy suman 36 líneas en ciudades latinoamericanas, y otros países del mundo han delineado estrategias para seguir el ejemplo de esta innovadora modalidad de transporte público urbano. 



REFERENCIAS

- Argüelles, E. (2018). *Desarrollo de un concepto operativo sobre la innovación en servicios públicos. Un acercamiento desde los teleféricos para el transporte público implementados en América Latina* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Metropolitana.
<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/1628>
- Argüelles, E., & Villavicencio, D. (2018). Un acercamiento al concepto de la innovación en servicios públicos. *ENES - Entreciencias Unid León, UNAM*.
<https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.18.64794>
- Astorga, S. (2023). Modelo de negocios de empresas de transporte de teleféricos como movilidad urbana en América Latina. En Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica y de la Innovación (Comp.), *XX Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica y de la Innovación - ALTEC 2023: Los desafíos de la ciencia, la tecnología y la innovación en la transformación digital* (pp. 173-182).
- Astorga, S., & Villavicencio, D. (2023). Análisis sociotécnico de los teleféricos como innovación en el servicio público de transporte. *Ingeniería Industrial*, 44(2), 1–15.
<https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1211>
- Cable Car World GmbH. (2023). *Home of new urban mobility*. <https://www.cablecarworld.com/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2013). *Recursos naturales. Situación y tendencias para una agenda de desarrollo regional en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.
- Cimoli, M. (2023, mayo 3). *La globalización en la encrucijada y los problemas estructurales de América Latina* [Conferencia magistral]. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM.
- Dobson, A. (1997). *Pensamiento político verde. Una nueva ideología para el Siglo XXI*. Paidós Ibérica.
- Doppelmayr Group. (2024). *Yearbook 2024*. Doppelmayr Seilbahnen GmbH.
- García Bernal, N. (2019). *Electromovilidad. Tendencias y experiencia nacional e internacional*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.



Como citar:

Villavicencio Carbajal, D. y Gustavo Astorga, S. (2024) Los teleféricos como innovadora modalidad de transporte público sustentable. *Administración y Organizaciones*, 27(Especial).

<https://doi.org/10.24275/CKZU4761>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.

La importancia de los procesos metacognitivos para la implantación exitosa de la industria 4.0 en las empresas

The importance of metacognitive processes for the successful implantation of the 4.0 industry in enterprises.

Salvador De León Jiménez^I y Laura Patricia Peñalva Rosales^{II}

Resumen

Es conocido en el campo de estudio de la innovación tecnológica cómo las habilidades humanas influyen en la capacidad de innovación de las empresas. Los procesos de aprendizaje necesarios para que esta innovación se dé requieren que el individuo reflexione respecto a cómo y qué significa lo que aprende. Estos procesos son propios del ser humano. Aunque la industria 4.0 toma como base artefactos “inteligentes” capaces de aprender, la gran diferencia con los procesos de aprendizaje humano subraya la importancia de conocer y considerar estos últimos para la implantación de este nuevo paradigma tecnológico en las empresas. El método empleado es un análisis de contenido seguido de una concatenación de conceptos provenientes de diversos enfoques. Ello ha dado evidencia del objetivo planteado para este trabajo: mostrar la importancia que tiene fomentar la metacognición en el aprendizaje de los colaboradores, para lograr una inserción exitosa de la empresa en la industria 4.0.

Palabras clave: Innovación tecnológica, proceso cognitivo, Procesos de Innovación, Gestión de la Innovación Tecnológica
Código JEL: O310, O320

Abstract

In the study field of technological innovation it is known how human skills affect the industries innovation capacity. The learning processes necessary for this innovation to take place require the individual to reflect on what is the meaning of what he learns. These processes are typical of human beings. Although the 4.0 industry is based on “intelligent” artifacts capable of learning, the great difference with human learning processes stresses the importance of considering and knowing these processes for the implementation of this new technological paradigm in companies. The used method is a content analysis followed by a concatenation of concepts coming from diverse approaches. This has given evidence of the objective set for this work: showing the importance of promoting metacognition in the employees’ learning process, in order to achieve a successful insertion of the company in the 4.0 industry.

Keywords: Technological innovation, cognitive process (UNESCO Thesaurus), Innovation Processes, Management of Technological Innovation
JEL Code: O310, O320

^I Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México. Profesor-investigador. Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Contacto: sdj@azc.uam.mx  0000-0001-6894-6378

^{II} Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Profesora-investigadora. Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana y Doctora en Ciencias de Gestión por la Université Lumière Lyon 3. Aprendizaje Organizacional y Gestión del Conocimiento. Contacto: rlp7108@correo.xoc.uam.mx  0000-0002-3407-8485

INTRODUCCIÓN

Con la entrada de la Industria 4.0 a las empresas del país, esencialmente por el crecimiento de los sectores automotriz y aeronáutico, se ha dado un proceso de innovación que modifica necesariamente las formas del trabajo, no sólo dentro de esas empresas sino también de toda la cadena de suministro.

Como condición y producto de todo proceso de innovación tecnológica, surgen y se catalizan novedosas formas de reestructuración organizacional, las cuales se tornan indispensables para que dichas organizaciones se adapten tanto interna como externamente a los cambios tecnológicos presentes y por venir. Estas transformaciones impulsan necesariamente en las personas procesos cognitivos y de aprendizaje, necesarios para sustentar y consolidar la innovación.

En este trabajo, se sostiene que, para asumir el reto de insertarse en los novedosos procesos de trabajo de la industria 4.0, las organizaciones requieren considerar los aspectos humanos en la innovación, de los cuales se ha hecho poca referencia en las investigaciones (Neumann et al., 2021) pero que al mismo tiempo se reconocen al listar el conjunto de competencias requeridas por el trabajador en este nuevo entorno (Hecklau et al., 2016). Particularmente, se ha colocado el acento en los procesos cognitivos humanos que se dirigen a la innovación y a la resolución de problemas, más que en la generación y transmisión de información y conocimiento que se realiza por el entramado digital¹ que se establece en la organización al introducir tecnologías asociadas a la Industria 4.0

Al referir a la industria 4.0 como innovación, se ha tratado de comprender cómo se dan los procesos de aprendizaje individual y social que se asocian con las innovaciones en general; esto llevó al análisis del aprendizaje estudiado desde el punto de vista psicológico, de ciencias educativas y de generación y gestión de conocimiento; corroborando que los conceptos de las diferentes áreas se definían mediante componentes similares. De esta manera, surgieron las preguntas que guiaron inicialmente la investigación: ¿Qué aspecto netamente humano está inmerso en los procesos de innovación empresarial, particularmente la productiva? ¿Cómo la innovación surge, se sostiene y desarrolla con base en los procesos humanos y sociales dentro de la organización? ¿Qué diferencia existe entre el aprendizaje humano y el aprendizaje de los artefactos, llamados “inteligentes”, que forman parte de la industria 4.0? ¿Qué aspecto o proceso humano es crucial para lograr una implantación exitosa de este nuevo paradigma tecnológico?

En la búsqueda de respuestas, la revisión de contenidos hecha en documentos que tratan sobre innovación, capacidades tecnológicas y de asimilación, aprendizaje tecnológico y organizacional, entre otros; ha permitido identificar la importancia que tiene promover la incorporación de procesos metacognitivos Flavell (1979, 2919; Osman y Hannafin, 1992), propios de los seres humanos, al asumir los cambios

¹ Entramado digital es toda la infraestructura de interconexión digital que soporta la interconexión entre personas, entre artefactos y personas y artefactos

tecnológicos; procesos que, ya se ha reconocido, toman relevancia como catalizadores de la innovación (Schrage, 2015; Kim y Lee, 2018).

Para presentar el camino que lleva a esta conclusión, en este documento se revisa primero cómo la innovación generada por la industria 4.0 requiere de capacidades tecnológicas² y capacidades de absorción³ que deben ser desarrolladas mediante procesos de aprendizaje, tanto tecnológico como organizacional. En segundo lugar, se da referencia de las diversas formas en que este aprendizaje se puede dar a partir de los conocimientos explícito y tácito presentes en la empresa.

En tercer lugar, se subraya la diferencia entre las formas de aprendizaje humanas y computacionales, y se identifica en el aprendizaje humano la presencia de procesos de metacognición, que se basan en el significado que el individuo da a sus actividades, lo cual no se da en los artefactos tecnológicos. Finalmente, se concluye sobre la importancia que tiene fomentar estos procesos para la implementación exitosa de la industria 4.0 en las empresas.

SUSTENTO TEÓRICO

El estudio de la llamada industria 4.0 (I4.0) tiene que darse a partir de la definición conceptual que presentan actores e instancias tecnológicas que la refieren como nuevo paradigma para la producción (Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania [ACATECH], 2013; Boston Consulting Group [BCG], 2015). El carácter de innovación de este paradigma tecnológico se sustenta en los conceptos y análisis propuestos por Schumpeter (1939), OCDE (2018), Kotler (2011) y Fagerberg (2009).

Las referencias al aprendizaje tecnológico y organizacional requeridos para asumir este paradigma se basan principalmente en lo referido por Bell y Pavitt (1995), Cohen y Levinthal (1990), así como por Nonaka y Takeuchi (2019) Drucker (1997) y Kotler (2011). La identificación, durante estos aprendizajes, de habilidades, tareas y procesos conocidos como metacognitivos toman como base las propuestas de Flavel (1979, 2009) y los estudios de autores diversos Papeleontiou-Louca (2003), Pinzás (2003), Jaramillo-Mora y Osses-Bustingorry, S. (2010), Vygotsky, L. (2013).

Particularmente se subraya cómo es que el proceso de dar significado a las tareas que se realizan (Alva, 2010; Bruner, 1991; Geertz, 1973; Gergen, 2015; Ruiz Soto, 2009; Schütz, 1974) distingue el aprendizaje humano del aprendizaje de los artefactos tecnológicos y, por

² Conjunto de recursos necesarios para generar y gestionar el cambio tecnológico, incluye (1) conocimiento, habilidades y experiencia, y (2) estructuras y vínculos institucionales, dentro de las empresas, entre las empresas, y fuera de las empresas. (Bell y Pavitt 1995)

³ Conjunto de habilidades de las empresas para identificar, incorporar, modificar y explotar los conocimientos externos; lo que determina el nivel de asimilación del conocimiento tecnológico en una empresa. Incluye la base del conocimiento existente (principalmente tácito) y la intensidad del esfuerzo o grado de compromiso de los individuos con la empresa. (Cohen y Levinthal, 1990 en García, 2022)

ello, la importancia del factor humano en la implantación de procesos de innovación, en este caso el de la i4.0.

MÉTODO

Al ser parte de esta investigación la intención de identificar la relación existente entre conceptos que surgen en el estudio de diversas disciplinas que involucran la acción humana, y que refieren semejanzas en los elementos que los constituyen, inicialmente aplicamos un análisis de contenido en publicaciones que abordan: las características de trabajo en la I 4.0, el concepto de innovación en empresas, así como los procesos de aprendizaje individual y social que se asocian con ésta; para corroborar que los conceptos se definían mediante componentes similares, a pesar de que provenían de diversas áreas de estudio. Se logró identificar, además, cómo estos conceptos se relacionaban, incluso se complementaban.

En la explicación que tales publicaciones dan de los procesos a los que se refieren los conceptos analizados, encontramos que diversos rasgos de lo que se llama metacognición, particularmente los referidos a la búsqueda de significado en las tareas y acciones, son considerados indispensables para lograr los aprendizajes necesarios al asumir las innovaciones, particularmente la del paradigma nombrado industria 4.0, ya que en este paradigma se habla también de aprendizaje, autonomía e inteligencia en los artefactos tecnológicos.

ANÁLISIS

La industria 4.0 (i4.0) tiene un carácter de innovación. Este concepto (i4.0) surge por la confluencia de tecnologías que resultan disruptivas – internet de las cosas, robótica autónoma, inteligencia artificial, simulación, ciberseguridad, impresión aditiva, realidad aumentada, almacenamiento y cómputo en la nube y *Big Data* (BCG, 2015) - en el trabajo dentro de organizaciones productoras de bienes o servicios. Se considera que esta confluencia conduce a soluciones novedosas para los problemas de producción, al combinar los avances que se dieron en diferentes tecnologías de información y comunicación.

El concepto describe una producción industrial en la que todos los productos y máquinas están interconectados entre sí, digitalmente y en tiempo real, con el propósito de crear una industria más flexible y de carácter reconfigurable, mediante la posibilidad de modificar, en menores tiempo y esfuerzo, la estructura de una fábrica para poder producir diferentes productos. La i4.0 implica que la organización se debe adecuar a un nuevo engranaje de la cadena de valor, y con la de suministros, en sinergia con el mercado y reconfigurando su modelo de negocio.

Por todo ello, y considerando las definiciones que a continuación se presentan, se puede afirmar que la i4.0 tiene un carácter de innovación. La Organización para el Comercio y Desarrollo Económico (OCDE) refiere que una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o

procesos anteriores de la organización y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la organización (proceso). (OCDE, 2018)

De acuerdo con la interpretación de Fagerberg (2009), Schumpeter (1939) define la innovación como la creación de una nueva forma de producción que, en correspondencia, requiere nuevas formas de organización debido a la búsqueda que se requiere hacer de nuevas combinaciones de los recursos a disposición para poder generar soluciones novedosas a los problemas.

Toda innovación impacta a diversas áreas organizacionales, lo cual se refleja en cambios de rutinas, prácticas sociales, modelos de negocio o formas organizacionales; debido al carácter sistémico de toda organización, pues la interdependencia de los elementos que integran el sistema genera un reajuste de sus interrelaciones ante cualquier cambio puntual en alguno de estos elementos o en sus subsistemas. Drucker (1997) subraya que las innovaciones más importantes que se generan son innovaciones sociales y organizacionales.

El ambiente inmediato en el que la propuesta de industria 4.0 innovadora aparece (Feria de Hannover, 2014) corresponde a una industria altamente tecnologizada dentro de un país (Alemania) que quiere mejorar su producción y que cuenta con el conocimiento y capacidades para hacerlo. Sin embargo, la llegada del concepto a otras latitudes, como la de nuestro país, donde: el desarrollo tecnológico no es propio; los trabajadores no tienen el nivel de conocimiento necesario para asumir rápidamente el cambio; y las empresas, especialmente las pequeñas y medianas que conforman la industria nacional como fabricantes o como proveedoras, requieren de aprendizaje tecnológico para incorporarse a la nueva forma de cadena de suministro que genera este concepto; conlleva, de manera más apremiante, a la necesidad de generar procesos de aprendizaje tecnológico, y por ende organizacional, en las empresas.

El proceso de innovación, según Kotler (2011), es único y específico para cada innovación pues en el centro de ésta se encuentran las acciones de los actores involucrados. Así también, Lundvall (1992) y Nelson (1993) establecen que en la innovación se originan interacciones y retroalimentaciones en la creación y uso del conocimiento, hacia dentro, pero lo mismo hacia afuera de la organización.

Por ello, para entender todo proceso de innovación se debe estudiar: la interacción entre los actores involucrados, la presencia y transmisión de conocimiento para generar aprendizaje, y la importancia de la acción, tanto organizacional como personal, en las que tienen efecto las novedades.

Las interacciones sociales asumen un papel fundamental en los procesos de innovación (Fichter y Beuker, 2012, citados en Ordoñez, 2022) pues permiten el flujo de información y de datos relacionados con la innovación, así como el intercambio de puntos de vista y percepciones. Esto da relevancia a las comunidades, pues en las interacciones que se generan en ellas es donde los individuos de la organización comparten, más allá del espacio físico, espacios cognitivos.

Las comunidades, en su constante interacción, mantienen, transfieren o crean conocimiento; permiten la vinculación de actores multiculturales y multidisciplinares diversos que interactúan para la resolución de problemas. (Ordoñez, 2022)

Para este trabajo son de especial interés las comunidades de práctica, las cuales se definen como un grupo de personas, unidas informalmente por la experiencia compartida y la pasión por una empresa conjunta, que puede impulsar la estrategia, generar nuevas líneas de negocio, resolver problemas, promover la difusión de las mejores prácticas, desarrollar competencias profesionales, y ayudar a las empresas a captar y retener talento (Wenger, 2001).

De las capacidades y procesos de aprendizajes requeridos para implantar la innovación.

Para que una empresa sea innovadora es necesario que estén presentes tanto capacidades tecnológicas como de absorción, esto es, tanto conocimientos y habilidades que les permitan producir y administrar el cambio técnico (Bell y Pavitt, 1995), como conocimiento previo que le permite a la empresa identificar el valor de la información en el entorno para generar nuevo aprendizaje que impactará sus actividades internas (Cohen y Levinthal, 1990).

El término “capacidades” se refiere a lo que hace posible en la empresa utilizar los recursos disponibles para el logro de sus objetivos. El grado de utilización óptima de los recursos, tangibles e intangibles, intelectuales, o tecnológicos, es resultado del aprendizaje que la organización alcance respecto a sus actividades productivas propias y con relación a su adaptación al entorno (Cohen y Levinthal, 1989, Cohen y Levinthal, 1990)

Entre los recursos intangibles, Nonaka & Takeuchi (1999) han considerado que el conocimiento es el recurso principal y más valioso para una empresa. El aprendizaje y la gestión del conocimiento en la organización se relacionan no sólo con el desarrollo de nuevos procesos, productos o servicios, sino también con la conformación de nuevas rutinas, y también permite la investigación, desarrollo y explotación de recursos para generar innovación (Cohen y Levinthal, 1990).

Tanto las capacidades tecnológicas como las de absorción se desarrollan mediante diversos procesos de aprendizaje que se presentan en las organizaciones (Malerba, 1992; Bell, 1984), los cuales pueden ser tanto internos como externos. Las diversas clasificaciones y definiciones de tipos de aprendizaje tecnológico que se identifican pueden ser agrupados por el uso que hacen de conocimiento tácito y explícito (ver Tabla 1):

Análogamente, Jensen et al. (2007) han identificado dos modalidades de innovación: la que se basa en la producción y el uso de conocimientos científicos y técnicos codificados (modalidad de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y la que se basa en procesos informales de aprendizaje y conocimientos basados en la experiencia (modalidad de Hacer, Usar e Interactuar (DUI, por sus siglas en inglés).

TABLA 1.- USO DE CONOCIMIENTO TÁCITO Y EXPLÍCITO EN LOS PROCESOS E APRENDIZAJE

Uso de conocimiento tácito: experiencia y saberes de los integrantes de esta misma	Uso de conocimiento explícito que se reporta en manuales o reportes de investigación sobre el sector o industria
<p><i>Learn by doing</i>, o aprender haciendo, que se da directamente en la práctica, con el apoyo de colegas expertos en el uso y operación de maquinaria, procesos y materiales</p> <p>Malerba (1992)</p>	<p>Aprendizaje por interacción, entre oferentes, socios y usuarios.</p> <p><i>Learn by using</i>, relacionado al uso de maquinaria e insumos; el aprendizaje por investigación, que se da en las actividades de I+D;</p> <p>El aprendizaje de conocimientos característicos y generalizados en un sector o industria;</p> <p>El aprendizaje de avances en ciencia y tecnología.</p> <p>Malerba (1992)</p>
<p>El aprendizaje en la operación, que se da por la práctica;</p> <p>El aprendizaje por el cambio técnico, por mejoras realizadas durante el proceso de producción</p> <p>Bell (1984)</p>	<p>El aprendizaje por capacitación, que se otorga mediante cursos internos o externos</p> <p>El aprendizaje por imitación, por el contacto con el personal más calificado trabajando en las distintas fases de la producción</p> <p>El aprendizaje por contratación de personal, para aprovechar el conocimiento generado al exterior de la empresa.</p> <p>El aprendizaje por retroalimentación del rendimiento del sistema, el cual es registrado, revisado e interpretado por mecanismos institucionales para comprender por qué funcionan las cosas;</p> <p>El aprendizaje por búsqueda de información sobre técnicas modernas de producción, mejoras de productividad, comportamiento de los mercados, entre otros.</p> <p>Bell (1984)</p>

Fuente: Elaboración propia con base en autores citados en tabla

Sea cual sea la forma de aprendizaje, lo cierto es que el conocimiento existente y acumulado al interior de la organización aumenta la capacidad de dar sentido, asimilar y usar nuevos conocimientos, y que las interacciones entre sus integrantes facilitan el aprendizaje tecnológico a nivel de la organización. (Kim, 1999).

Es también importante reconocer que es el aprendizaje organizacional el que permite concretar la innovación. Se entiende por aprendizaje organizacional el proceso mediante el cual el conocimiento de los individuos, integrantes o socios de la organización trasciende para convertirse en conocimiento que no sólo se comparte, sino que se institucionaliza a nivel de una organización, de manera que se reconoce, acepta y utiliza por parte de todos

sus integrantes. En este proceso hay un importante nivel intermedio de comunidades, entre una organización como un todo y los individuos, en las cuales se comparte, transfiere y genera conocimiento, así como se logran vínculos entre los individuos.

El modelo clásico de aprendizaje organizacional, o de creación de conocimiento como los autores lo llaman, es el de Nonaka y Takeuchi (1999), los cuales definen dos dimensiones en la cual se genera la “espiral” de creación del conocimiento organizacional: 1) la dimensión ontológica, que refiere las distintas entidades creadoras de conocimiento: individuo, grupo, organización o relación entre organizaciones y 2) la dimensión epistemológica, que refiere los niveles del conocimiento explícito y tácito Polanyi (1983).

En su modelo, estos autores refieren que el proceso de creación de conocimiento se da mediante sucesivas conversiones de conocimiento tácito a explícito y viceversa, dentro de un contexto compartido y vía la socialización, la externalización (exteriorización), la combinación y la internalización (interiorización) (Ver Tabla 2)

TABLA 2.- PROCESO DE CREACIÓN DE CONOCIMIENTO (NONAKA Y TAKEUCHI, 1999)

<p>Socialización de tácito a tácito: al compartir experiencias, sin necesidad de usar el lenguaje, y por tanto crear modelos mentales compartidos y habilidades técnicas.</p>	<p>Exteriorización de tácito a explícito: cuando se enuncia el conocimiento tácito en forma de conceptos explícitos, adoptando la forma de metáforas, analogías, conceptos, hipótesis o modelos. Al exteriorizarse, por el diálogo o la reflexión colectiva, se crean conceptos.</p>
<p>Interiorización de explícito a tácito: muy relacionado con el “aprender- haciendo”. Los documentos, diagramas, manuales e incluso las historias orales facilitan la transferencia de conocimiento explícito a otras personas, permitiendo que experimenten indirectamente las vivencias de otros.</p>	<p>Combinación de explícito a explícito: los conceptos son sistematizados, dando origen a un sistema de conocimiento. Los individuos intercambian y combinan conocimiento de distintos cuerpos de conocimiento a través de documentos, juntas, conversaciones por teléfono o redes computarizadas de comunicación.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en Nonaka y Takeuchi, 1999

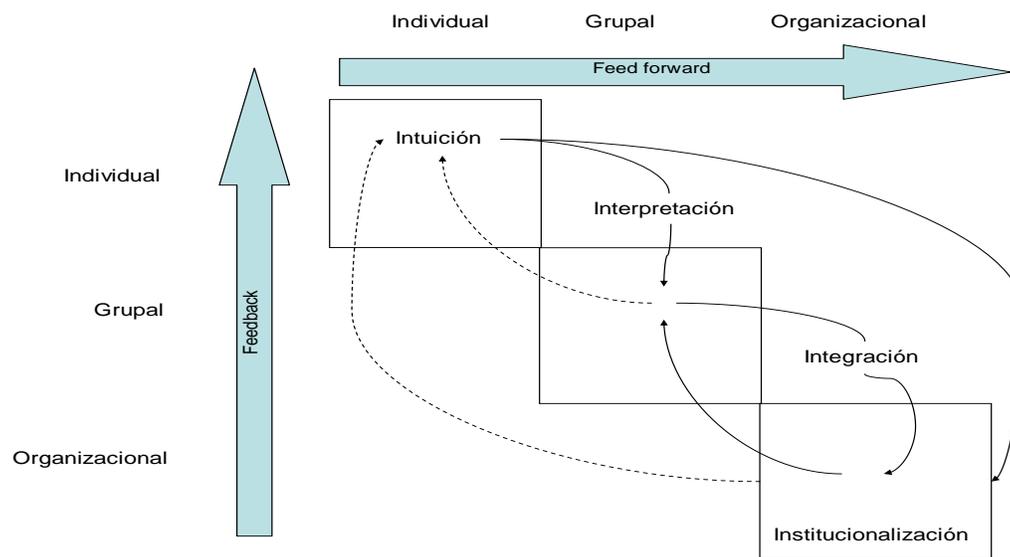
Otro modelo que describe el aprendizaje organizacional es el propuesto por Crossan, Lane y White (1999), quienes consideran diversos niveles de agregación de los aprendizajes (individuo, grupo, organización e institución) y da referencia de los procesos que se dan a través de cuatro fases asociadas con estos niveles (Ver Figura 1):

1. **Fase de la intuición**, surge de las experiencias individuales que configuran imágenes explicadas generalmente por el individuo, a sí mismo y hacia los otros, a través de metáforas. La intuición afecta inicialmente las acciones y decisiones individuales, pero también puede afectar a las de otros por la interacción mutua.
2. **Fase de interpretación** se refiere a aquella en la cual el individuo desarrolla un lenguaje, a través de palabras o acciones, para explicar a él mismo y a otros una percepción, comprensión y discernimiento.

3. **Fase de integración** es aquella en la cual el diálogo y acción conjunta permiten desarrollar no sólo entendimientos compartidos entre individuos sino también acción coordinada y ajuste mutuo.
4. **Fase de institucionalización**, inicia cuando la acción coordinada es recurrente y significativa. Durante esta fase, el proceso de aprendizaje permite incrustar dentro de la organización y a través de sistemas, estructuras, procedimientos y estrategias que aseguran que ciertas acciones ocurran, un aprendizaje obtenido de manera individual o grupal.

De acuerdo con Savall (2002), lo que llega a institucionalizarse es un conocimiento genérico, cuya producción se sustenta en tres principios: 1) el de la interactividad cognitiva⁴, 2) el de la intersubjetividad contradictoria⁵ y 3) el de la contingencia genérica⁶.

FIGURA 1.- MARCO PARA EL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL



Fuente: Crossan, Lane y White (1999), pág. 532

Es evidente que para los autores antes citados el conocimiento es una construcción social, es decir, se crea durante la interacción social de las personas; pero surge primero en el individuo a partir de sus experiencias, percepciones y subjetividad, en las cuales, como elemento común, existen procesos de reflexión. Esto es, si bien el conocimiento puede surgir durante la interacción social, deviene en lo individual; pues es la persona quien absorbe el

⁴ El conocimiento no es poseído por un solo actor, resulta de la interacción entre dos o más actores.

⁵ La construcción de un sustento común para un núcleo duro de conocimiento genérico que los actores están en posición de reconocer, compartir y llevar adelante.

⁶ No se trata de dar una solución estandarizada o concreta, sino que se estructuran principios para soluciones trabajadas con y por los actores dentro del contexto de sus organizaciones

conocimiento antes de que éste sea puesto en operación y, por supuesto, antes de compartirlo.

Estos procesos se enmarcan en lo que se identifica como procesos metacognitivos, propios de la mente humana, a partir de los procesos de significación que los individuos en interacción dan a las acciones que realizan.

Metacognición y aprendizaje humano y no humano

A finales de los años 70, Flavell presenta el concepto de metacognición que refiere la “cognición sobre el fenómeno cognitivo”, o más simplemente el “pensamiento acerca del pensamiento” (Flavell, 1979). La definición se ha amplificado y abarca ahora la relación de estados afectivos con la cognición y la habilidad para, consciente y deliberadamente, monitorear y regular los propios procesos cognitivos.

La aportación de este concepto es que señala la importancia de reflexionar sobre los saberes y el propio aprendizaje, para darnos cuenta de cómo aprendemos; de cuáles son las limitaciones, propias y del entorno, en este proceso; de cuáles son las mejores estrategias para lograr los aprendizajes; de cuál es la forma en que planificamos estos aprendizajes; pero también señala lo importante que es reflexionar sobre los significados de tal o cual conocimiento y proceso de aprendizaje, tanto para la organización como para la propia persona (su vida, sus saberes, sus intereses): si la persona le toma sentido (significación) al aprendizaje y al conocimiento, coloca su interés y atención en la apropiación del mismo.

También este concepto señala cómo se puede lograr la autonomía en el aprendizaje; así como una actitud crítica y autocrítica sobre el conocimiento y sobre las estrategias de aprendizaje propias. Esto permite alcanzar un aprendizaje significativo, esto es, que cobra sentido para el que aprende.

Los autores que abordan el estudio de la metacognición reconocen que en la cognición están implicados los procesos de significación y afectivos. Al respecto, señala Flavell (2019), “... lo que uno sabe y piensa (conocimiento) interactúa, sin duda, de una forma sustancial y significativa con lo que uno siente (emociones)” (Flavell, 2019, p. 10). Cuando la persona le encuentra sentido a lo que hace y a lo que aprende, el esfuerzo se transforma en entusiasmo y los procesos de creatividad dirigidos a la innovación son propulsados.

La metacognición o metaconocimiento se ha definido como cualquier actividad cognitiva que tiene como objeto conocer y regular aspectos de cualquier empresa cognitiva, esto es, del conjunto de tareas o actividades dirigidas a la gestión del conocimiento y al aprendizaje. Cuando dichas actividades son dirigidas de manera consciente y deliberada a través de procesos metacognitivos, la innovación en procesos productivos y organizacionales es favorecida.

Según Jaramillo-Mora y Osses-Bustingorry (2010), las *estrategias cognitivas* constituyen un conjunto de procedimientos que conforman planes de acción que se traza el sujeto, seleccionados entre diversas alternativas, con el fin de conseguir las metas de aprendizaje. Las estrategias metacognitivas pueden definirse como las acciones dirigidas de manera

consciente a conocer las operaciones y procesos mentales propios, saber utilizarlos y readaptarlos y/o cambiarlas en función del contexto y los objetivos propuestos.

Mientras que los *conocimientos metacognitivos* se refieren al conocimiento de los propios procesos cognitivos (Flavell, 2019, p. 186), lo que involucra tanto los conocimientos como las creencias que tiene un individuo sobre factores que afectan el desarrollo y los resultados de sus actividades cognitivas (Pinzás, 2003, p. 65). Este tipo de conocimiento responde a las preguntas reflexivas de ¿Cómo aprendo?, ¿Qué puedo hacer con lo que sé? ¿Qué destrezas he generado en el aprendizaje? Estas preguntas llevan a tres ámbitos de conocimiento: 1) sobre la persona misma, conocimientos y creencias como sujeto cognoscente; 2) sobre la tarea, o a su interacción con el entorno en las acciones que realiza, y cómo el conocimiento y sus variantes afectan las actividades mismas o metas establecidas; 3) sobre estrategias efectivas para el logro de metas cognitivas, dirigidas a cómo hacer e interactuar para alcanzar estas metas (Flavell, 2019).

Por otra parte, *las experiencias metacognitivas* son experiencias conscientes, cognitivas o afectivas, relacionadas con una empresa cognitiva (Flavell, 1979; 2019), que se conforman de actividades, tareas o acciones, las cuales evalúan la eficacia de la estrategia que se aplica sobre la empresa cognitiva cuando ésta se realiza como un acto consciente, con acciones deliberadas y con el foco de atención dirigido; esto es, cuando la persona está centrada con claridad en la intención, deviene la atención y dedicación (Ruiz Soto, 2009); lo que con antelación identificamos como “toma de conciencia” (Vygotsky, 2013)⁷

Es por ello, destaca Flavell, que ante la presentación y formulación de un problema del cual no hay conocimiento metacognitivo previo, o es insuficiente, se plantean estrategias metacognitivas con procesos específicos de autorregulación del aprendizaje: metas, selección y planificación de estrategias adecuadas, donde destacan el monitoreo del progreso y, de manera simultánea, la evaluación del rendimiento para el aprendizaje eficaz y la mejora continua (Flavell, 2019; Pinzás, 2003). Adicionalmente, la actitud, que tiene su soporte en los procesos de significación antes señalados, es fundamental: aceptación al aprendizaje derivado del sentido que tiene el mismo en la vida laboral, profesional y personal.

El modelo de metacognición descansa en el proceso central de la intención deliberada y en conciencia de monitorear el propio conocimiento: el objeto de conocimiento es el conocimiento: ... el monitoreo de las empresas cognitivas⁸ procede a través de las acciones e interacciones entre el conocimiento metacognitivo, las experiencias metacognitivas, los objetivos / tareas y las acciones / estrategias (Flavell, 1979, p. 909) (Traducción propia).

⁷Que se ha identificado, recientemente como un estado de conciencia creativo donde el grupo y las personas están concentrados en la empresa cognitiva de innovación, creatividad o creación, y que empresas dentro de *Silicon Valey* le han denominado estado de *Flow*: “En el campo de la investigación del flow, vemos lo mismo: estar «en la zona» incrementa significativamente la creatividad”. (Kotler & Wheal, 2021, p. 52)

⁸ Por empresa cognitiva deberá entenderse acciones emprendidas deliberadamente.

Con relación a lo anterior, Vygotsky (2013) argumenta que al interiorizar el aprendizaje no solamente se incorpora una forma de plantear y resolver problemas, sino, además, técnicas y estrategias para monitorear el proceso cognitivo. Cuando el problema proviene de la habituación (Bordieu, 2007), se aplica el principio señalado por Vygotsky: a problemas similares, soluciones similares; cuando el problema varía en especificidad, entra la evaluación, para lo cual se realiza el monitoreo de los saberes.

Por su parte, Ann Brown (1987, citada por Papaleontiou-Louca, 2003), distingue entre conocimiento sobre la cognición, que puede ser estable pero falible y permanece relativamente consistente dentro de los individuos; y la regulación de la cognición, que puede ser relativamente inestable y puede verse afectada por patrones de excitación (ansiedad, miedo al interés) y autoconcepto del individuo. Adicionalmente señala que en el desarrollo de los aprendizajes también influye el contexto social del individuo y la cultura en que se desenvuelve.

La importancia de estas características y manifestaciones totalmente subjetivas e individuales nos lleva a reconocer que el significado que damos a cada una de nuestras acciones, decisiones y pensamientos, afectan el aprendizaje individual, grupal, organizacional y, por ende, tecnológico. Luego, la relación entre acción y significación es lo que caracteriza al aprendizaje humano. Lo que significa una acción se hace manifiesta, elocuente en la actitud de aceptación (se le ve el sentido a la acción) o de rechazo (no le ve sentido o no hay acuerdo en la realización).

Partiendo de la teoría de la acción social de Weber (1983), el proceso de aprendizaje es un proceso relacional donde son igualmente importantes tanto el conocimiento tácito como el explícito de los individuos (Polanyi, 1983; Nonaka y Takehuchi, 1999; Crossan, Lane y White, 1999; Savall, 2002). Diversos autores basados en esta corriente teórica (Weber, 1983; Schütz, 1974; Gertz, 1973; y más recientemente Gergen, 1915) han mostrado que en toda acción humana siempre está presente el proceso de significación, antes, en el mismo acto y después; debido a que el ser humano es de naturaleza relacional. Aun estando solo, en la mente del hombre existe el vínculo relacional con la tradición y con los condicionamientos psicosociales imperantes en una época y circunstancia específica.

El significado que da sentido a su acción está en función de qué hace, con quién lo hace y lo que le significa, contextual e históricamente. El entrecruzamiento entre acción y sentido ha sido también señalado por Weber (1983) quien llama “acción con sentido” a aquella que es comprensible por dos vías: una racional, sustentada en la lógica del acto en sí; otra endopática, esto es afectiva, que conecta irreductible e inseparablemente la acción con los sentimientos presentes en toda acción.

Los elementos racionales en una acción son identificados a los ojos de cualquier observador en el hacer mismo; pero también encontrará embebidos un conjunto de emociones provenientes del ámbito subjetivo de significación, del sentido que el individuo ha dado a la acción, y que se manifiestan en actitudes elocuentes, verbales y no verbales, de aceptación o rechazo.

Los procesos de significación, sustentados en valores socioculturales, creencias y pensamientos, están dados en cada cultura como un paquete dirigido a regular el comportamiento, tal que la interacción social, donde se construye la intersubjetividad, funciona como una casa de espejos a partir de los cuales se acepta, negocia, rechaza o impugna cualquier acción. En este sentido, Berger & Luckmann (2001, p. 11) señalan: “La realidad de la vida cotidiana se me presenta... como un mundo intersubjetivo... que comparto con otros... la vida cotidiana es tan real para los otros como lo es para mí.”.

Así, para explicar cómo el hombre aprende, toma relevancia detenernos en los actos con significado, que no es sino el dar sentido subjetivo a toda acción- Hemos señalado que toda acción humana tiene ineludiblemente arraigados procesos de significación desplegados en actitudes, pero si ambos elementos -acción y actitud- se desagregan, los primeros -actos- son habilidades, destrezas, conocimientos, saber hacer directamente sobre objetos tangibles e intangibles; mientras que los segundos -actitudes- están directamente vinculados a procesos de significación netamente humana: 1) indicativos de objetos en la acción misma sustentado en la representación lingüística (sin símbolos -verbales y no verbales- no hay representación y por tanto no hay indicación); 2) los elementos emotivos son cruciales en la acción, ya que están vinculados al sentido subjetivo de la acción y se expresan en dos vertientes: aceptación, y por tanto sinergia positiva en la acción, o rechazo, generando sinergia negativa en la acción, dicha sinergia lleva ineludiblemente al estado de creatividad e innovación. Dicho rechazo se manifiesta en diferentes gradientes: como rechazo manifiesto donde hay reclamo argumentación encaminada a la negociación explícita o a la obstaculización de la acción; rechazo interno, observable en actitudes de la contradicción entre deber hacer y no querer hacer; y resignación pasiva, que se muestra en un hacer más vinculado al deber que la querer y aceptar.

La importancia de lo anterior es que solo a partir de la actitud de aceptación es posible hablar de creatividad y transformación, es decir, cuando tiene sentido a la acción y por tanto se fomenta la innovación. Un estudio en *Silicon Valey*, de finales de 2016, “...llegó a dos conclusiones generales. La primera, que la creatividad es esencial para resolver problemas complejos, La segunda es que se obtiene muy poco éxito cuando se pretende entrenar a la gente para que sea más creativa. Y este fracaso tiene una explicación bastante simple: estamos tratando de ejercitar una habilidad, cuando lo que necesitamos ejercitar realmente es un estado mental.” (Kotler & Wheal, 2021): La aceptación del problema a resolver deriva en la intención de abordarlo, y con ello en atención y dedicación, como estados mentales de dedicación.

Para dicha aceptación, es importante intervenir con procesos metacognitivos: reflexionar sobre pensamientos, creencias y valores que configuran significados vinculados a la acción y al aprender. De esta manera, las acciones con significado, como parte integral del proceso cognitivo del ser humano, se presentan en una circularidad cognitiva y significativa que incide en nuevas acciones impregnadas de una forma de hacer: las actitudes. El acicate disparador del aprendizaje proviene entonces de las necesidades y las capacidades para generar sistemas cognitivos autónomos y adaptables a su entorno.

Donde, las necesidades o requerimientos de cada individuo son personales e intransferibles, ya que cruzan por elementos de subjetividad, pero también de saberes y conocimientos.

Ahora podemos empezar a distinguir las diferencias con el aprendizaje de los dispositivos llamados “inteligentes”, sustento de la implementación de la industria 4.0. Lo primero que se debe tener claro es que los dispositivos realizan acciones y dan respuestas que están programadas. Esto es, hechas explícitas vía un código de programación que se instala en los artefactos.

La reconfiguración de funciones matemáticas y la ponderación o filtro de señales de datos, modeladas también mediante funciones por ejemplo en las redes neuronales; la reconfiguración de probabilidades de hechos a contabilizar en reglas de producción de los sistemas expertos, mediante procesos y técnicas estadísticas; el reconocimiento de conceptos y objetos mediante conteo repetido de características particulares de tales objetos y conceptos; el reconocimiento de patrones de búsqueda y consumo por la frecuencia que se capta en la repetición de características de estas mismas; la identificación del “mejor candidato” mediante la medida que se asigna a las características del mismo y su coincidencia con intervalos de calificaciones identificadas como ideales; entre otros; se construyen con fórmulas matemáticas, relaciones geométricas, estadísticas o de álgebra lineal, en las cuales no se pueden incorporar significados y, con ello, emociones, intereses, motivaciones, ni pensamiento creativos.

Todo lo que parezca aprendizaje inteligente no es sino un ajuste a los llamados “mecanismos de aprendizaje” mediante cambios programados que reconfiguran las reglas y medidas de respuesta o actuación de los artefactos. Los mecanismos de la Inteligencia Artificial (IA) dejan atrás a la capacidad humana por volumen de información y velocidad de su procesamiento; pero no por el análisis contextual de la misma, esto es de su valoración significativa social e histórica, ya que ella no puede sumergirse en las diferentes complejidades y dimensiones de lo que implica ser humano. Mientras los artefactos “inteligentes” aprenden de los datos con algoritmos, los humanos aprenden más de la experiencia.

El comportamiento de los artefactos sólo tiene un ala: la acción (hacen lo que hace porque tienen la estructura y programación específica); mientras que el comportamiento humano tiene dos alas: acción y actitud que surge por el proceso de significación. Este ámbito actitudinal es la pieza angular actual en la implementación exitosa de las tecnologías, sobre todo de las asociadas a la industria 4.0, debido a la imperiosa necesidad de valoración contextual al adaptar las tecnologías a los procesos de trabajo. Por ello, se requiere la intervención humana para que el conocimiento sea aplicado en la innovación y desarrollo en todas las áreas de la vida humana, en particular en las organizaciones.

RESULTADOS

Se resumen los hallazgos al revisar la literatura:

1. La Industria 4.0 es un concepto que, para ser implementado en las empresas, requiere de aprendizaje tecnológico y organizacional para desarrollar las capacidades tecnológicas y de absorción necesarias para que la empresa sea innovadora.
2. El aprendizaje organizacional toma como base el conocimiento tácito y explícito que forma parte de los individuos de la organización, o que proviene del intercambio con proveedores, clientes y aliados; cuyo uso se acompaña de mecanismos de autorreflexión y monitoreo propios de la metacognición.
3. La metacognición, a su vez, se basa en el significado que el hombre da a sus acciones, dentro de su interacción no sólo con otros individuos sino con artefactos que le apoyan en sus tareas.
4. La forma de aprender del hombre y de los artefactos es muy diferente, ya que sólo el primero es capaz de dar significado a sus acciones mientras los segundos sólo siguen las indicaciones de algoritmos programados, carentes de esta característica de significación.

CONCLUSIONES

Más allá de los artefactos denominados inteligentes, que surgen de las tecnologías que conforman la i4.0, el éxito al establecer la innovación tiene como base fundamental a los procesos metacognitivos, de reflexión y pensamiento crítico, que solo los seres humanos pueden desarrollar por su propia naturaleza y a partir de que valoran significativamente los contextos socioeconómicos e incluso históricos. Es por ello que las organizaciones deben impulsar estos procesos, para estimular la creatividad y aprendizaje colaborativo humano e implantar de manera exitosa la i4.0.

De los conocimientos que surgen al estudiar los procesos metacognitivos y creativos, se desprende que, a diferencia del señalamiento que algunos hacen sobre que los artefactos con funcionamiento basado en IA superarán a las aportaciones humanas, la IA es un apoyo importante como generador de ideas y conocimiento, pero está lejos de la creatividad; por ello, no deben ser considerados dichos artefactos una amenaza, sino elementos aditivos, no sustitutivos, en el trabajo colaborativo.

De los aspectos más relevantes de esta investigación destaca el que los procesos metacognitivos han estado presentes en la evolución tecnológica de la humanidad; sin embargo, ante la avalancha de información y conocimiento en que se encuentran actualmente las organizaciones, es importante dar claridad de las condiciones metacognitivas necesarias para que emerjan la innovación y la creatividad: reflexión sobre los procesos de aprendizaje y saberes; y, lo más importante, valorar el momento significativo en el que el propósito y atención por resolverla llevan a la dedicación en la tarea.

En el actual desarrollo organizacional y tecnológico, donde el ser humano es arrollado por un cúmulo ingente de datos e información que debe de procesar para seleccionar, contextualizar, corregir y tomar decisiones, el margen de tiempo que hay entre la recepción de datos y la necesaria respuesta es cada vez más reducido. Son entonces los procesos metacognitivos: toma de conciencia, reflexión, análisis de los conocimientos adquiridos y necesarios, además de las emociones propias de los integrantes de la organización involucrados, los que deben llevar a la eficacia en la toma de decisiones.

De esta manera, impulsar la práctica de procesos metacognitivos en la implementación de la i.4.0 permitirá generar coherencia entre necesidades y soluciones, donde la IA debe ser solo una herramienta para el apoyo a la valoración humana. 



REFERENCIAS

- Alva, N. (2010). *Fuera de la cabeza. Por qué no somos el cerebro y otras lecciones de la biología de la consciencia*. Siglo XXI
- Bell, M., & Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. *Trade, Technology and International Competitiveness* (págs. 69-101) / I. H. (ed) . The World Bank
- Berger, P., & Luckmann, T. (2001). *La construcción Social de la Realidad*. Argentina: Amorrortu.
- Boston Consulting Group [BCG], (2015) Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Digital Transformation. Focus*. April 09, 2015
- Bordieu, P. (2007). *El sentido práctico*. Siglo XXI Editores
- Bruner, J. (1991). *Actos de Significación. Más allá de la revolución cognitiva*. Alianza.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (September de 1989). Innovation and Learning: the Two Faces of R&D. *The Economic Journal*, 99, 569-596.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Sciences Quarterly*, 35 (1), 128-152.
- Crossan M.M., Lane H.W. y White R.E. (1999). An Organizational Learning Framework: from Intuition to Institution. *Academy of Management Review*, 24 (3), 522-537
- Drucker, P. F. (1997). *Toward the new organization. Leader to Leader*, 1997(3), 6-8. <https://doi.org/10.1002/ltl.40619970304>
- Fagerberg, J. (2004). Innovation: A Guide to the Literature. *The Oxford handbook of innovation*, 1-26. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0001>
- Fagerberg, J. (2009). A Guide to Schumpeter. *Confluence. Interdisciplinary Communications* 2007/2008, 20-22
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flavell, J. H. (2019). *El desarrollo cognitivo* (Vol. 87). Antonio Machado Libros.
- García, S. (2022) *Aprendizaje y construcción de capacidades tecnológicas en microempresas de carpintería en la Ciudad de México / . [tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco] /Ciudad de México, México. Repositorio institucional: <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/40009>*
- Geertz, C. (1973). *La Interpretación de las Culturas*. Gedisa.
- Gergen, K. J. (2015). *El ser relacional. Más allá del Yo y de la Comunidad*. Desclée De Brouwer.
- Hecklau, F.; Galeitzke, M.; Flachs S.; Kohl H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP* ,54, 1-6. DOI: 10.1016/j.procir.2016.05.102.
- Jaramillo Mora, S.M. y Osses-Bustingorry, S. (2010, 13 de septiembre) Competencias básicas. *Procesos metacognitivos en el curriculum de ciencias naturales a nivel de educación general básica* [ponencia]. Congreso Iberoamericano de Educación. Metas 2021.
- Jensen, M.B., Johnson, B., Lorenz, E. y Lundvall, B. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36 (5): 680-693.
- KIM, D. H. (1993). The Link between Individual and Organizational learning. *Sloan Management Review*. Fall, 37-50

- Kim, L. (1999). Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's experience. *Industrial and Corporate Change*, 8, 111-136.
- Kim, D. y Lee D. (2018). Impacts of Metacognition on Innovative Behaviors: Focus on the Mediating Effects of Entrepreneurship. *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*.
- Kotler, P. (2011). Innovar para ganar: el modelo A-F (Fernando Trias de Bes, trad.) *Empresa Activa*.
- Kotler, S., & Wheal, J. (2021). *Robar el fuego*. Editorial Sirio S.A. Edición de Kindle.
- Malerba, F. (1992). Aprendizaje por empresas y cambio técnico incremental. *Economic Journal*, 102.
- Neumann, W. P.; Winkelhaus, S.; Grosse, E.H.; Glock C.H. (2021). Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics*, 233, 10799 /Science Direct, Elsevier
- Nonaka, I. y Takeuchi H. (1999) *La organización creadora de conocimiento*. Oxford University Press, 60-103
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos [OCDE], (2018) *Perspectivas de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2018 de la OCDE: Adaptación a la disrupción tecnológica y social* | iLibrary de la OCDE (oecd-ilibrary.org) obtenido en 10.1787/sti_in_outlook-2018-en
- Ordoñez, I. (2022) *Procesos de innovación en comunidades virtuales, análisis de caso: Comunidades Virtuales en español relacionadas con Diabetes Tipo 2*. [tesis de Maestría en Economía, Gestión y Políticas de Innovación, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco] /Ciudad de México, México
- Osman, M. E. y Hannafin, M.J. (1992) Metacognition Research and Theory: Analysis and Implications for Instructional Design *ETR&D*, 40 (2)
- Papleontiou-Louca, E. (2003). The concept and instruction of metacognition. *Teacher development*, 7(1), 9-30.
- Pinzás, J. (2003). *Metacognición y lectura*. Fondo editorial PUCP.
- Polanyi, M. (1983) *The Tacit Dimension*. Gloucester, Massachussets, 1-25
- Ruiz Soto, A. (2009). Curso 1, el conocimiento de uno mismo. *Instituto de Semiología de la Vida Cotidiana*.
- Savall, H. (2002). International dissemination of the socio-economic method. *Journal of Organizational Change Management*, 16 (1), 107-115 (Henri Savall, guest ed.). Edit. Emerald. / ISSN 0953-4814
- Schrage, M. (2015). Get More Innovative by Rethinking the Way You Think. *Innovation* November 05
- Schütz, A. (1974). *La construcción significativa del mundo social*. Paidós
- Vygotsky, L. (2013). *Pensamiento y lenguaje*. Paidós (Ediciones Kindle).
- Weber, M. (1983). *Economía y sociedad*. Fondo de Cultura Económica
- Wenger, E. (2001). *Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad*. Paidós



Como citar:

De León Jiménez, S., y Peñalva Rosales, L. P. (2024) La importancia de los procesos metacognitivos para la implantación exitosa de la industria 4.0 en las empresas. *Administración y Organizaciones*, 27 (Especial)



<https://doi.org/10.24275/BTJB9106>



Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.

El uso de las nuevas tecnologías en empresas de autopartes

The Use of New Technologies in Auto Parts Companies

Silvia Pomar Fernández¹ y Araceli Rendón Trejo¹¹

Resumen

La industria automotriz ha sido de las que ha incorporado de manera más rápida y ágil los avances tecnológicos. Este artículo trata sobre el uso de las nuevas tecnologías en cuatro empresas de la industria de autopartes que tienen presencia mundial y que cuentan con plantas en México. Su objetivo es conocer el uso de la tecnología de la industria 4.0 en las empresas de autopartes en un mercado global con alta competencia y rápido avance tecnológico.

La información se obtuvo mediante fuentes directas e indirectas. Se empleó como base el análisis documental en sitios WEB, noticias, artículos de revistas académicas indexadas. También se utilizó la entrevista como medio de información.

Entre los resultados de esta investigación está el que las empresas de autopartes analizadas incorporan en sus procesos, en sus productos y en los servicios los avances tecnológicos que les han permitido conocer las necesidades específicas de los consumidores y ofrecer mejores condiciones de seguridad, conectividad, información del estado del vehículo, lo que ha generado que el mercado crezca.

Palabras clave: tecnología 4.0, industria de autopartes, innovación tecnológica

Código JEL: Q55, L60, L62.

Abstract

The automotive industry has been one of those that has incorporated technological advances most quickly and agilely. This article is about the use of new technologies in four companies in the auto parts industry that have a global presence and have plants in Mexico. Its objective is to understand the use of industry 4.0 technology in auto parts companies in a global market with high competition and rapid technological advancement. The information was obtained through direct and indirect sources. Documentary analysis on WEB sites, news and articles from indexed academic journals was used as a basis. The interview was also used as a means of information. Among the results of this research is that the auto parts companies analyzed incorporate into their processes, products and services the technological advances that have allowed them to know the specific needs of consumers and offer better conditions of safety, connectivity, information on the status of the vehicle, which has caused the market to grow

Keywords: technology 4.0, auto parts industry, technological innovation

JEL Code: Q55, L60, L62.

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Ciencias de gestión por la Université Jean Moulin Lyon III, Francia y Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México. Contacto: spomar@correo.xoc.uam.mx  0000-0003-2341-3097

¹¹ Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Economía en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Contacto: arendo@correo.xoc.uam.mx  0000-0002-3401-4131

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas del siglo pasado, los avances tecnológicos y las innovaciones en un entorno de globalización han sido continuos, lo que ha modificado las condiciones de la competencia y de la vida cotidiana en la sociedad. El internet y la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación fueron el antecedente de la cuarta revolución industrial, en la que se apoyaron otras tecnologías que se fueron incorporando hasta llegar al Big Data, el internet de las cosas, el gemelo digital, la robotización, entre otras. Esto llevó a una mayor eficiencia en las organizaciones, la disminución de costos, mayor flexibilidad y un incremento en las capacidades organizacionales.

Con la digitalización, las empresas además de tener presencia virtual mediante páginas corporativas pueden actualmente acercarse a sus clientes mediante tiendas, plataformas online y redes sociales. Con la inteligencia artificial se obtiene mayor cantidad de información en menos tiempo. Con esta información se alimentan sistemas, por ejemplo “la cadena de valor se concreta a partir del Big Data, la IA, el aprendizaje de máquinas y la ciencia y analítica de datos” (IDC, 2023, p.32). En este entorno de múltiples cambios a nivel global y local, el continuo avance tecnológico ha obligado e impulsado a las organizaciones y a las empresas a incorporar nuevas tecnologías con el propósito de permanecer en el mercado y satisfacer a los clientes. Con este fin buscan optimizar sus procesos, reducir costos y producir bienes acordes a las necesidades cambiantes de los consumidores. Este trabajo trata sobre la industria automotriz y el uso de las tecnologías 4.0, en particular se avoca a la industria de autopartes, considerando el estudio de cuatro casos de empresas que operan en varios países entre ellos, en México.

En el sector industrial, la industria automotriz ha sido de las primeras en incorporar los avances tecnológicos. Tiene una gran importancia en las economías ya que se vincula con gran cantidad de actividades y de empresas, entre ellas las proveedoras de autopartes, talleres de reparación, seguros, distribuidoras. En México una de cada cinco personas que trabaja en la manufactura se vincula con la industria automotriz; actualmente es la principal generadora de divisas (Hernández del Arco, 2023).

El objetivo de este trabajo es conocer cómo se han incorporado las empresas de autopartes al crecimiento tecnológico y como ello ha generado cambios organizacionales que requieren de capacidades tecnológicas que se adquieren con la capacitación, la experiencia y personal calificado con el fin de adaptarse a las nuevas formas de operación.

Al ser un análisis de casos, la metodología empleada es cualitativa, ya que se trata de indagar sobre cómo se han utilizado las nuevas tecnologías, en específico de la industria 4.0 y el impacto que ha tenido su uso. La investigación se basó en el análisis documental de cuatro casos, los cuales se eligieron resultado de una revisión de la información disponible de cada una de las empresas; se consideró como requisito el que tuvieran plantas o unidades en México.

Con el fin de conocer más de cerca el funcionamiento de las empresas de autopartes y el uso de la tecnología se buscó entrevistar a personal que estuviera relacionado con el uso de

las tecnologías. Se intentó establecer comunicación mediante correo electrónico y vía telefónica sin tener resultado positivo. Solo uno de los encargados de producción de una empresa de autopartes, un gerente, nos concedió una entrevista, la cual fue semiestructurada.

En el análisis documental y de casos se utilizó la recopilación, organización y análisis de información de revistas especializadas, datos estadísticos e informes gubernamentales. Es una investigación descriptiva - explicativa, ya que presenta datos de cómo las empresas han avanzado tecnológicamente.

El método de investigación aplicado es el de estudio de caso que, de acuerdo con Yin (2018), pretende tener una mayor comprensión del caso particular. Este método permite realizar una investigación a profundidad con el propósito de conocer y comprender el caso como un todo, permitiendo que los resultados sean aplicables a situaciones concretas (Yin, 2018)

El artículo se estructura de la siguiente manera: primero se presentan elementos teóricos en los que se abordan elementos de la teoría de la cadena de valor, la teoría disruptiva, esto comprendido dentro de la implementación de la Industria 4.0 convirtiéndose en una parte esencial en la aplicación de la tecnología en la automatización y digitalización de las empresas, en segundo lugar se aborda la actualización tecnológica de la industria automotriz, posteriormente se ven aspectos del comportamiento de la industria de autopartes, en cuarto lugar se presenta, de acuerdo a parámetros determinados, el estudio de cuatro grandes empresas de la industria de autopartes. Finalmente se presentan las reflexiones y conclusiones.

ELEMENTOS TEÓRICOS. TEORÍA DE LA CADENA DE VALOR, TEORÍA DE LA INNOVACIÓN DISRUPTIVA, E INDUSTRIA 4.0

El crecimiento de la empresa y su permanencia han sido objeto del estudio en varias disciplinas. Algunas empresas logran continuar, se adaptan y se modifican de acuerdo con las necesidades del entorno, mientras que otras desaparecen. Entre las primeras están algunas corporaciones de gran tamaño que se encuentran no solo en sus países de origen, sino que operan a escala mundial; pueden estar en actividades diversas. Su permanencia y crecimiento son el resultado de la toma de decisiones sobre acciones y estrategias a implementar en los diversos entornos que han tenido.

Algunas de las teorías que en este trabajo se consideran para explicar la toma de decisiones y estrategias que siguen las empresas son la *Teoría de la Cadena de Valor de Porter*, y la *Teoría disruptiva*, en el marco de la Industria 4.0.

Porter hace notables aportaciones sobre las estrategias y las ventajas competitivas en la empresa que le permiten hacer frente a las fuerzas competitivas y a distinguirse y sobresalir en el mercado. Porter señala que este tipo de ventajas no radican en la empresa en su conjunto, sino en las muchas actividades discretas que se llevan a cabo como el diseño, la producción, la mercadotecnia, la entrega y el apoyo a sus proveedores; “cada una de estas

actividades puede contribuir a la posición de costo relativo de las empresas y crear una base para la diferenciación” (Porter, 1987, pág. 51). “La cadena de valor disgrega a la empresa en sus actividades estratégicas relevantes para comprender el comportamiento de los costos y las fuentes de diferenciación existentes y potenciales” (Porter, 1987, pág. 51) y lo logra cuando las actividades estratégicamente importantes se desempeñan a menor costo o mejor que los competidores.

La cadena de valor de una empresa se relaciona con la de otras empresas con las que tiene relación para su actividad. En este marco, ¿qué papel tiene la tecnología? Porter plantea que es una de las principales guías para la competencia “De todas las cosas que pueden cambiar las reglas de la competencia, el cambio tecnológico está entre los más prominentes” y lo hace si afecta la ventaja competitiva y la estructura del sector industrial, es decir, no todo cambio tecnológico es benéfico para una empresa (Porter, 1987, pág. 181), su solo uso no es garantía de que la empresa crezca y/o sea competitiva, “la alta tecnología no garantiza utilidades”. La tecnología influye en la ventaja competitiva si determina la posición de la empresa con relación al costo o la diferenciación (Porter, 1987, pág. 186).

La innovación y la transformación tecnológica impulsan los cambios disruptivos, con lo que se logra modificar la forma de producir, consumir y relacionarse. Desde la década de los noventa, Christensen y Bower *planteaban que el remplazo de productos o servicios existentes por otros nuevos, posibilitaba que las empresas generaran nuevos mercados* (Clayton Christensen y Josep L. Bower, 1995). Si las empresas adoptan estas nuevas innovaciones y tecnologías desplazarán a aquellas que no lo hagan, es por ello que las empresas establecidas deben actualizarse y mejorar en sus productos y procesos para satisfacer las necesidades de los consumidores o clientes (Clayton, 1997). La innovación disruptiva se refiere a la capacidad que tienen las empresas de introducir una innovación radical y crear un nuevo mercado o desplazar a un competidor.

En su teoría, Christensen considera que debe haber un equilibrio entre la inversión disruptiva y la sostenida (largo plazo). Considera que, de seguirse una innovación sostenida, a la larga puede suceder que la empresa fracase. Es necesaria una planeación que permita determinar el momento adecuado para invertir de acuerdo con las necesidades de los clientes y a la situación de la empresa.

Para una empresa no es fácil lograr un cambio rápido, no es tan simple salirse de los estándares establecidos, es por ello, que Christensen habla de dos parámetros para lograrlo:

1. La tecnología de componente que se refiere a desarrollar las mejoras dentro de un mismo estándar tecnológico.
2. La tecnología de arquitectura que habla sobre redefinir los estándares propuestos por la industria (Christensen 2013 en Jiménez-Montecinos 2022).

La I4.0, también conocida como manufactura inteligente (smart manufacturing) tiene como propósito principal digitalizar los procesos de producción, limitando la participación humana; está dirigida a la automatización. Estas tecnologías en conjunto se consideran transformadoras desde un enfoque industrial y tecnológico (Ceseña, Garcí, Olgúin, 2024).

Incluyen a la inteligencia artificial, el cloud computing, el big data, el internet de las cosas (IoT), sistemas de integración, ciberseguridad, realidad aumentada, gemelo digital, robots, fabricación aditiva impresión 3D y la simulación (Rendón, Pomar, Martínez, 2022). Con ello se logra una hiperconectividad generando redes de comunicación de alta velocidad.

La implementación de estas tecnologías en las organizaciones implica una gestión en la que es importante determinar la prefactibilidad y la factibilidad, que incluye un análisis de mercado, financiero, recursos humanos, de capacidades y conocimiento. El uso de estas tecnologías, que permiten la interconexión de los integrantes de la cadena de valor, la obtención de información útil que puede ser utilizada para conocer mejor las necesidades y gustos de los clientes, disminuir costos, y lograr una mayor eficiencia, así como ofrecer un mejor producto o servicio, mejor calidad y, generar una mejor propuesta de valor para los clientes. Estas tecnologías ofrecen un potencial y beneficios relacionados con la integración, innovación y autonomía de procesos (Cortés Isunza, Izar Landeta, Bocarando Chacón, Aguilar Pereyra, & Larios Osorio, 2017). Puesto que la industria automotriz es pionera en la incorporación de los avances tecnológicos es interesante su estudio. Algunas de las tecnologías más utilizadas son las siguientes:

- La inteligencia artificial para desarrollar coches autónomos.
- El aprendizaje automático para mejorar la eficiencia de las fábricas.
- La impresión 3D para crear nuevos componentes y piezas para los coches y prototipos.
- La realidad virtual para mejorar la forma de compra de los clientes.,
- La robótica, en la incorporación de maquinaria para la fabricación, y en la creación de herramientas como los exoesqueletos¹.
- Internet de las cosas. Se recopila información en tiempo real del automóvil lo que permite detectar posibles problemas.

Por lo antes expuesto, este trabajo aborda aspectos de la industria automotriz, en específico la de autopartes que ha logrado implementar las nuevas tecnologías en sus procesos.

LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y DE AUTOPARTES

Estudiar la industria de autopartes requiere considerar a la industria automotriz en su conjunto, la cual se compone de los siguientes subsectores: fabricación de automóviles y camiones, autopartes y comercio y servicios². La Industria Automotriz es una gran dinamizadora de la economía ya que permite la transferencia tecnológica, desarrolla un ecosistema de manufactura avanzada y de proveedores en las distintas etapas del proceso productivo. Es la base de otras industrias y tiene un efecto multiplicador hacia otras

¹Los exoesqueletos son estructuras artificiales usadas de manera externa al cuerpo humano con el fin de apoyar o sustituir en las tareas repetitivas, riesgosas o de precisión.

² La industria automotriz incluye la producción de automóviles y camiones y las autopartes.

actividades económicas (Bancomext, 2022). La industria automotriz se encuentra integrada por cuatro categorías de vehículos: ligeros, autobuses, camiones y tractocamiones y se encuentra vinculada con la industria metalmecánica, los plásticos, los neumáticos, las autopartes, las pinturas. Las autopartes son piezas importantes en el funcionamiento de todo tipo de vehículos. La industria de autopartes y la industria automotriz están estrechamente vinculadas.

China, Estados Unidos y Japón han sido los principales productores de autos. En 2023 la producción de China fue de 30.16 millones de unidades (mdu) seguida de la de Estados Unidos con 10. 61 mdu y Japón con 9 mdu: México ocupó la séptima posición (El Economista, 2024) (González, México será cuarto en producción de autopartes: INA, 2020). Las regiones productoras más importantes en el mundo son: China y Taiwan para armadoras de China y Corea; Europa del Este para las que se encuentran en Europa y, México³ para Canadá y Estados Unidos (Santillán, 2022). Para las inversiones y plantas de autopartes y componentes de vehículos europeos de nuevas tecnologías, los proveedores de autopartes se ubican en Europa del Este o en Asia (Taiwan, Vietnam, China) por ser países de bajo costo (Pérez-Ibañez, 2022).

La región de América del Norte (México, E.U y Canadá) fabricó 412,742 millones de dólares al cierre de 2022, la más alta de su historia hasta ese momento, como resultado del aumento en el valor de Contenido Regional (VCR) de partes y componentes impuesto por T-MEC (El Economista, 2023). Las principales empresas productoras de autopartes en el mundo que se ubican en varios países provienen de Alemania, Japón, Corea del Sur, Canadá, China, Francia y Estados Unidos (cuadro No.1)

CUADRO NO.1. PRINCIPALES EMPRESAS DE AUTOPARTES EN EL MUNDO EN 2022 (SEGÚN INGRESOS GENERADOS EN MILLONES DE EUROS)

	EMPRESA	PAÍS	INGRESOS
1	Bosch	Alemania	52,600
2	Denso	Japón	44,500
3	Friedrichshafen	Alemania	39,905
4	Continental	Alemania	39,949
5	Hyundai Mobis	Corea del Sur	38,203
6	Magna	Canadá	35,935
7	CATI	China	33,423
8	Aisin Seiki	Japón	30,865
9	Michelín	Francia	28,590
10	Forvia	Francia	25,458
11	Bridgestone	Japón	23,667

Fuente : Statista (2022)

³ Por tener la ventaja de bajos costos, uno de ellos el precio de la mano de obra.

La industria automotriz es de alcance mundial con proveedores de diferentes países. En México, gran parte de ellos son extranjeros, instalados en el país, entre otras razones por la cercanía con la empresa compradora, la ventaja geográfica de ubicarse en el corredor de manufactura de Norteamérica -lo que agiliza los procesos y los costos logísticos- y el bajo costo de la mano de obra (Nava Aguirre, Silva Ábrego, Guajardo García, Leyva Velazquez, & Torres Camarillo, 2019). Las empresas proveedoras deben cumplir con las especificaciones en tiempo y calidad que las armadoras requieren. Esta industria crece con los requerimientos de las empresas automotrices que en años recientes se han instalado en el país.

El desarrollo de proveedores locales en el país ha sido paulatino, los más importantes son extranjeros. En 2017 había 600 proveedores nivel T1⁴ que abastecían y cumplían con los requerimientos de contenido regional de los fabricantes de equipo original (OEM). En ese año, el 91% de los 100 más importantes proveedores de autopartes en el mundo se encontraba en México (Pineda, 2023) (INA, S/F).

México ha mejorado su posición en el mundo; en 2011 ocupó el sexto lugar como productor mundial de autopartes -después de China Japón, Alemania, Estados Unidos y Corea del Sur-, el quinto como exportador y el sexto como importador a nivel mundial (Medina Ramírez, 2013, pág. 3). Estados Unidos era el principal socio comercial ya que el 89% de las exportaciones se dirigían a ese país y el 57% de las importaciones provenían de ahí. En ese año había aproximadamente 1,100 empresas de autopartes, de las cuales sólo el 30% eran de capital nacional (Medina Ramírez, 2013, pág. 3). Una década después, en 2022, México era el cuarto productor de autopartes (Statista, 2023)⁵; la producción de autopartes fue de 107,329 millones de dólares, un aumento de 13.35 % respecto a 2021. En el primer trimestre de 2023, el crecimiento fue de 4.73 %. Las nuevas líneas de producción de la BMW, la ampliación de las líneas de producción de AUDI.

De acuerdo con la Industria Nacional de Autopartes (INA), en México las principales regiones productoras son las zonas norte, del Bajío y centro. En la región norte, el estado de Coahuila produce el 16.3 % del total del país, le siguen Chihuahua y Nuevo León, estado que compite con Guanajuato. A Querétaro han llegado y llegan nuevas inversiones. Nuevo León se ha consolidado como el tercer mayor productor de autopartes (Pineda, 2023).

En 2024 aún se consideraban las ventajas que se derivarían de la relocalización. En 2021 “el 37 % de la inversión recibida por el fenómeno *nearshoring* corresponde a la Fabricación de Autopartes, en conceptos como Fabricación de baterías para autos eléctricos, chasis, transmisiones, interiores automotrices, rines de aluminio, manufactura de moldes y herramientas, componentes eléctricos, partes de inyección de plástico, partes para motor

4 Las empresas T1 o Tier 1 son las empresas más grandes e importantes en la cadena de suministro.

5 México es el séptimo productor de autos en 2022. Por orden de importancia están China, E.U y Japón (Statista, 2023). La producción aumentó 9.2% respecto a 2021; las exportaciones aumentaron 5.9%, las ventas de autos ligeros aumentaron 7.03% respecto al año anterior.

y ampliación de líneas” (Pineda, 2023). El 40 % proviene de China, el 20 % de Estados Unidos, el 11 % de Japón y el 9 % de Alemania, entre otros. En 2025 otros problemas se enfrentan, como la posibilidad de los aranceles que pueden imponerse a México y afectar a la competitividad de la industria automotriz y de autopartes, ya que aumentarían los costos, disminuirían los empleos, entre otros aspectos.

Entre las empresas extranjeras de autopartes en el país están Dana de México, Harman, Nihon Plast Mexicana, Hirschvogel Components México, Steeringmex, Tremec, BRP, las cuales fueron reconocidas por el clúster automotriz de Querétaro como líderes en desarrollo de proveedores. Otras proveedoras de autopartes son Valeo, Hitachi, Magna, Dacomsa, Goddyear, Denzo y Yasak. También hay algunas de capital privado nacional que forman parte de grupos industriales, como Nematik, Tremec y Vitro (Solili, 2021).

En la siguiente sección se analizan algunos aspectos relacionados con la tecnología, la innovación y adaptabilidad en empresas de autopartes seleccionadas para su estudio.

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS DE AUTOPARTES SELECCIONADAS.

Para la selección de las empresas que aquí se presentan se identificó a las principales productoras de autopartes a nivel mundial que operan también en el mercado nacional; estas empresas son de gran tamaño. Se seleccionaron cuatro, dos que se encuentran en los dos primeros lugares dentro de un conjunto de las once más importantes en 2022 y otras dos que, no obstante, no estar en ese listado, son empresas reconocidas y bien posicionadas en la industria a nivel mundial. Estas empresas fueron seleccionadas en función al uso de las tecnologías; son de las principales proveedoras de la industria automotriz en México y a nivel global. En este trabajo se optó por grandes empresas ya que son las principales proveedoras de las armadoras tanto a nivel mundial como nacional. De manera general este tamaño de empresas son las que han logrado crecer y permanecer en el mercado, las que cuentan con recursos e implementan diversas estrategias para resolver problemáticas y retos diversos en cuanto a tecnología, ideas, necesidades y gustos de los clientes, entre otros aspectos.

Estas empresas son Bosch, Dana, Valeo y Denso, de las cuales en el cuadro No. 2, se presenta una breve información sobre ellas.

CUADRO NO. 2. GRANDES EMPRESAS DE AUTOPARTES CON PRESENCIA MUNDIAL, 2023

	Dana	Bosch	Valeo	Denso
Ciudades sede	Estados Unidos	Alemania	Francia Saint Ouen	Japón Kariya, Aichi
Número de países donde se encuentra al menos una planta	31	60	33	35
Plantas en el mundo	141	440	124	18
Plantas en México	10	12	10 y 3 centros de investigación	3
Empleados	42,000	421,300	74,800	154,272
Investigadores e ingenieros	2,200	85,500	ND	ND

Fuente: (Bosch, 2023), (Dana, 2023), (Valeo Services, 2022). (Denso, 2023)

Bosch es una multinacional con sede en Stuttgart, Alemania, proveedora de tecnología automotriz e industrial, bienes de consumo y tecnología de construcción; llegó a México en 1965. Sus operaciones se agrupan en cuatro áreas empresariales: Mobility, Industrial Technology, Consumer Goods, y Energy and Building Technology. Sus productos se utilizan en vehículos, servicios de transporte multimodal, gestión de flotas e infraestructura de transporte inteligente. Ofrece una amplia gama de repuestos desde piezas nuevas y de recambio, soluciones de reparación, al igual que equipos de talleres de reparación como el software y el hardware de diagnóstico. Entre sus productos están los sistemas de inyección diesel, sistemas de encendido, equipos de diagnóstico para talleres, filtros para combustible, aceite y aire, sensores de oxígeno, máquinas rotativas, acumuladores. Tiene plantas en el Estado de México y Querétaro (Bosch, S/F).

Denso es una empresa japonesa, fundada en 1949. Tiene su sede en la ciudad de Kariya, Aichi, Japón⁶; llegó a México en 1996, cuenta con cinco plantas en Nuevo León y en Guanajuato. Fabrica autopartes de equipo para autos y motocicletas. Se dedica a la climatización y térmico motor, componentes diesel, escobillas, filtro, máquinas eléctricas, sistema de encendido, sistemas de gestión de motor. Dentro de los productos que se fabrican están los sensores de oxígeno, compresores, arrancadores, alternadores, bombas de combustible, filtros de aceite y aire y limpia-parabrisas.

Valeo tiene su origen en Francia en 1923; inició fabricando zapatas de freno y discos de embragues. En México inició operaciones en 1990 en San Luis Potosí, actualmente cuenta también con plantas en Ciudad Juárez Chihuahua, Querétaro, Río Bravo Tamaulipas, dedicadas a sistemas eléctricos, sistema de limpia-parabrisas, compresores, sistemas de enfriamiento y transmisiones, también proporciona servicios (Valeo Services, 2022). Es una empresa dedicada a la investigación y desarrollo basada en la metrología tridimensional de

⁶ Un 25% de la compañía según datos de 2016 es propiedad de Toyota.

la industria automotriz y autopartes. Valeo es un grupo (Innovalia) y está integrado por Trimek, Datapixel y Unimetrik (Valeo Services, 2022).

Dana es una empresa estadounidense que surge en 1904 en Plainfield, Nueva Jersey, actualmente tiene su sede en Maumee, Ohio. En México inició operaciones en 1952 en la ciudad de Chihuahua. Se dedica al desarrollo de sistemas de propulsión para la industria automotriz; es líder en transmisiones totalmente integradas para los vehículos pesados, comerciales y de pasajeros. Cuenta con 10 ubicaciones en México en los estados de Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Nuevo León y Querétaro. Entre sus productos están los ejes delanteros, traseros eléctricos y del motor de diesel y gasolina, ejes motrices, transmisiones y equipos electrodinámicos, térmicos, de sellado y digitales para vehículos convencionales, híbridos y eléctricos. También produce baterías y tecnología de refrigeración electrónica que se integran al motor, inversor y componentes mecánicos con la gestión térmica (Dana, 2023).

Estas empresas elaboran productos que son necesarios en las productoras de autos, los cuales cumplen con los requerimientos y calidad que los procesos productivos requieren. En los siguientes apartados se plantean las acciones de estas empresas en materia de tecnología, innovación y adaptabilidad.

Tecnología 4.0. implementada.

Las cuatro empresas tienen presencia en el mercado por sus productos debido a la tecnología que emplean, su adaptación rápida a los cambios y avances que requieren las armadoras.

Bosch desarrolla y usa tecnología de punta para vehículos, nube de datos y servicios. Es líder del internet de las cosas (IoT). Ha avanzado en el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) en sus divisiones y localizaciones en el mundo (Bosch, 2023) y ha desarrollado software en Alemania, creando ahí soluciones de IA. La mayor parte del piso de producción (90%) se encuentra automatizado. Con pantallas táctiles digitales se ven los procesos en tiempo real, se detectan los problemas que son comunicados a los departamentos responsables. Los procesos que se realizan de manera manual son auxiliados con programas de apoyo.

Con la tecnología 4.0 se tiene señales y parámetros del proceso en vivo y en tiempo real, con lo que se crean reglas en el software para enviar indicaciones. Esta tecnología también se usa en el mantenimiento: se ha implementado en electrodos, maquinados y sensores para máquinas que envían señales e informan sobre vibración, cantidad de ciclos, etc. Con la información obtenida se sabe cuándo efectuar algún cambio o cuándo un proceso está a punto de detenerse, con lo que se previene y evita que se detenga la actividad (Bosch, 2023).

En logística, se centran en el track and trace respecto al posicionamiento y ubicación de las mercancías ya que los pallets están monitoreados en tiempo real; mediante código de barras se sabe dónde está la mercancía. Esta empresa ofrece soluciones completas de movilidad con tecnología para vehículos, nube de datos y servicios (Bosch, S/F).

En México opera el segundo departamento interno para la implementación de proyectos 4.0 más grande del mundo, el primero se encuentra en Alemania. La empresa ha hecho grandes inversiones para el desarrollo de soluciones e ingeniería que posteriormente se exportan a otras fábricas alrededor del mundo (Gonzalez, 2021).

Dana, con relación a la tecnología 4.0 utiliza inteligencia artificial para hacer más eficientes sus procesos de producción y logística, ha implementado el uso de los robots colaborativos para mejorar la seguridad, también desarrolla soluciones de conectividad que ofrecen mayor eficiencia y seguridad en carreteras. Se ha dedicado desde sus inicios al desarrollo de sistemas de propulsión para la industria automotriz; es líder en transmisiones totalmente integradas para los vehículos pesados, comerciales y de pasajeros. Atiende cuatro segmentos de mercado: vehículos ligeros, vehículos comerciales, vehículos “fuera de carretera” y tecnologías de energía. Colabora con fabricantes de equipo original y de replazo (mercado de repuestos) (Somos industria, 2022) (Dana, 2023).

Durante Hannover Messe 2021, Dana presentó su tecnología de placas bipolares de celda de combustible como parte de su estrategia para apoyar el desarrollo de vehículos alternativos. También produce vehículos, en 2023 fabricó 110 camiones eléctricos de última milla (de carga ligera), con un contenido local de 30% (Somos industria, 2023).

Denso es una empresa con desarrollo tecnológico, con soluciones de inteligencia artificial para mejorar la eficiencia y seguridad sobre todo en carreteras, utiliza también tecnología de visión para desarrollar sistemas de detección de obstáculos y posibilidad de un choque. Denso y NTT DATA Japan Corporation en junio de 2024 acordaron formar una asociación estratégica para el desarrollo de software; con ello “profundizarán su colaboración en estrategia, gestión del talento y tecnología mientras contribuyen conjuntamente al avance de la industria automotriz de Japón y ayudan a abordar problemas sociales” (Denso, 2024). Esta asociación aprovecha las fortalezas de ambas empresas: Denso lo es en tecnologías de vehículos, incluido el software; NTT DATA lo es en la computación en la nube; su objetivo es desarrollar y ofrecer software “sophisticado” para vehículos de manera rápida y eficiente. Mediante la contratación de ingenieros de software más avanzados, mejoran las habilidades de los ingenieros actuales de ambas empresas con el fin de “crear una plataforma de servicios de movilidad orientada al software implementable globalmente, que ayudará a respaldar una sociedad centrada en la movilidad en la era de los vehículos definidos por software (Denso, 2024).

Por lo que se refiere a *Valeo*, ha desarrollado soluciones de conducción autónoma que requiere de una gran cantidad de tecnología 4.0, es pionera en el uso de la realidad virtual para diseñar y probar sus productos eficientemente, también ha implementado sistemas de gestión de datos. Datapixel, una de las empresas que la integran, proporciona servicio de medición sin contacto y ayuda a las empresas a mejorar sus procesos con piezas virtuales con la tecnología de digitalización de nube de puntos e ingeniería inversa. Otra de las empresas de Valeo (Unimetrik) ofrece servicio de calibración, ingeniería inversa y medición mediante una tecnología muy avanzada que ofrece alta calidad (Innovalia-metrology.com/, 2023). Las plantas que tiene en México se dedican a actividades diferentes. En Ciudad

Juárez produce limpiaparabrisas, en Río Bravo fabrica interruptores y sensores, en Toluca se dedica al control de clima y sistemas de seguridad y, en Querétaro a transmisiones y sistemas de iluminación (Valeo, 2023).

Para crear soluciones de metrología avanzada, Valeo combina software y hardware y, con la robótica y la metrología genera soluciones lo que garantiza las medidas de las piezas que mejoran la comodidad del conductor y los pasajeros. Las plantas que se encuentran en San Luis Potosí recibieron el reconocimiento de “El mejor proveedor del año el premio Volkswagen denominado “excelencia en el desarrollo y los logros empresariales” (Valeo, 2023). Con lo expuesto es claro el alto uso de tecnología avanzada en los procesos y productos que ofrece al mercado.

Innovación tecnológica y de procesos

La industria de autopartes cuenta con áreas de investigación y desarrollo que les ha permitido innovar y patentar sus innovaciones; participan en ello una cantidad importante de colaboradores.

Bosch, en 136 localizaciones en el mundo emplea a 85,500 personas dedicadas a la investigación y desarrollo, de los cuales 44,000 son ingenieros en software (Bosch, 2023); cuenta desde 2018 con más de 1000 patentes. Dana Incorporated, tiene alrededor de 1600 patentes relacionadas con la electrificación (entre aceptadas y pendientes). Denso cuenta con más de 41,000 patentes. Estas patentes están orientadas a mejorar el desempeño de los autos y la seguridad de sus clientes. Valeo tiene alrededor de 35,000 patentes, tan solo en 2021 fueron registradas 1777 el 46% de ellas en Francia (Valeo, 2022).

Para Dana la colaboración es clave para lograr ideas novedosas. Las adquisiciones son otras de sus acciones. Sus centros tecnológicos globales se encuentran en nueve países, entre ellos India, Estados Unidos, China, Brasil, Reino Unido. En ellos laboran más de 2,200 profesionales entre los que hay ingenieros, científicos y técnicos (Dana, 2023). La planta ubicada en Warwickshire, Reino Unido, está asociado con empresas de alta gama como Ferrari, Lamborghini y McLaren (Dana Argentina, 2022). El soporte y colaboración con clientes locales y globales ha llevado a la innovación colaborativa lo cual ha permitido la reducción de costos y mejorar la velocidad de comercialización de sus socios.

Las empresas también se han modernizado innovando sus procesos a través de la digitalización. La inversión que ha realizado Bosch en México en 2021 se destinó a 49 proyectos de digitalización en la planta de Toluca, nuevas líneas de manufactura en plantas de Mexicali y Hermosillo, la implementación del sistema de control de movimiento en red de tres ejes para la producción de autopartes a través del prensado en frío en Rexroth. También se planteó actualizar las líneas de producción de San Luis Potosí y Aguascalientes. Las plantas de punta en industria 4.0 están en Toluca.

Denso centra parte de sus actividades a desarrollar tecnologías avanzadas con el propósito de mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la industria. Basa su tecnología en la nube IoT con el fin de replicar entornos urbanos y condiciones de tráfico a través de un

espacio virtual. Uno de sus compromisos está centrado en reducir el impacto ambiental previniendo el calentamiento global, así como la contaminación del aire. Denso se alió con Honeywell con el fin de impulsar la movilidad del área urbana (Somos Industria , 2021). Denso ha avanzado en la computación cuántica; la cual mediante la combinación de la física, informática, matemáticas y tecnología de la información ha tenido un potencial de cálculo superior al de los ordenadores tradicionales (Denso-X, s/fecha)).

Valeo tiene innovaciones dirigidas a garantizar a las empresas la exactitud de las medidas de las piezas y componentes necesarios en su proceso industrial; ha innovado con sus soluciones de metrología lo que contribuye en la mejora de la productividad y eficiencia de los procesos de producción de sus clientes, y ayuda a las empresas a mejorar sus procesos con piezas virtuales con la tecnología de digitalización de nube de puntos e ingeniería inversa. Valeo creó un programa denominado “Renove Industria 4.0” para apoyar a empresas Pyme poniendo a su disposición equipos de hardware y software, brazos portátiles y sistemas de escaneo con el fin de obtener medidas exactas. En el programa ofrece proyectos de la industria 4.0 relacionado con Big Data y analítica avanzada, fabricación aditiva, robótica avanzada y colaborativa, internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial, machine learning, sistemas ciber-físicos, realidad virtual y aumentada y proyectos de gemelos digitales. Para reducir las emisiones de gases invernadero se ha enfocado en los últimos años en innovar con relación al consumo de CO₂ (Valeo Services, 2022).

Las empresas de la industria de autopartes han tenido un gran avance en la implementación de las tecnologías e innovaciones señaladas, para ello se ha requerido de un proceso de adaptación al cambio.

Adaptación al cambio tecnológico

La inclusión de nuevas tecnologías y las modificaciones en los procesos de producción originan cambios organizacionales. Debido a la aplicación de la tecnología de la I4.0 se da una nueva forma de llevar a cabo los procesos en las empresas. En este sentido hay un proceso de adaptación que les permita a las organizaciones funcionar eficientemente.

La adaptación a los cambios tecnológicos originados principalmente por la inteligencia artificial requiere de conocimiento y aprendizaje, sobre todo relacionados con el proceso de datos, la toma de decisiones basada en la información, saber comprender las imágenes, el uso de las plataformas y la nueva maquinaria.

Con el fin de contar con colaboradores capacitados y motivados, las empresas requieren de trabajadores especializados con perfiles determinados en función a las necesidades específicas que tienen. En una entrevista realizada a un gerente de calidad de una de las empresas estudiadas, comentó que cuando salen de licenciatura “no están preparados académicamente para lo que se va a hacer” en la industria automotriz. De acuerdo con su experiencia, es importante conocer la normativa y contar con experiencia en el sector; menciona que el ritmo de trabajo en esta industria es muy intenso y demandante. Los estándares para estas empresas son muy altos, se requiere de conocimientos técnicos especializados que en muchas ocasiones no son impartidos en las Universidades; hay

egresados que no tienen los conocimientos suficientes, aunque hayan cursado la licenciatura de ingeniería automotriz. Por ello requieren certificarse en la norma del sector automotriz. Menciona que es importante la capacitación para la transferencia de conocimientos, la adquisición de capacidades tecnológicas y de experiencia. En su empresa existe un interés por capacitar a su personal y solicitar un perfil de ingreso adecuado para el manejo y administración de los diversos procesos.

Bosch, por ejemplo, se compromete a impulsar continuamente el crecimiento de sus asociados (trabajadores). Considera importante balancear la vida personal y laboral con el fin de mejorar su creatividad y productividad. Con cursos de entrenamiento de servicio y programas de socios para talleres de reparación, Bosch ofrece una competencia y conocimientos automotrices para los técnicos de servicio alrededor del mundo.

Para Denso México es importante la calidad y tecnología innovadora; el personal es importante por lo que ofrece un ambiente agradable y promueven el crecimiento profesional. “Cuentan con acciones de desarrollo para todos los niveles de la compañía, brindan capacitación para aprender entre otras cosas nuevas habilidades y tecnología” (Denso, 2023, pág. s/p).

Como se ha descrito, las empresas estudiadas cuentan con personal especializado, mantienen a su personal actualizado y promueven su desarrollo profesional a través de la transferencia de conocimiento. Esto les ha permitido crecer profesionalmente y adaptarse a los cambios derivados de los avances tecnológicos de los que han logrado apropiarse.

En resumen, podemos decir, que los avances tecnológicos empleados por estas cuatro empresas muestran como la industria automotriz ha avanzado con el fin de resolver diversas problemáticas y retos que se derivan del entorno de competencia en el que el avance tecnológico tiene un papel importante para diferenciarse y continuar posicionándose en el consumidor. En ello influyen los avances tecnológicos que ofrecen mayor visibilidad, seguridad, comodidad, conectividad, comunicación, esto es, mayores ventajas en la conducción y manejo de los vehículos.

Por ejemplo, la computación cuántica se está desarrollando para un futuro más limpio y seguro. En general el uso de estas tecnologías tiene ventajas y desventajas; entre las primeras están (Mogliá Clabs, 2023):

1. Mejorar la eficiencia, esto lo ha logrado con la robótica, el internet de las cosas, la computación cuántica, lógicamente esto trae como consecuencia una mejora en la producción, además esto permite reducir costos.
2. Mayor seguridad, para evitar coaliciones, además de mejorar la seguridad en las carreteras.
3. Satisfacción del cliente, la inteligencia artificial, la realidad virtual y la realidad aumentada, mejora la experiencia del cliente.
4. Mejora de la calidad, esto se da con la mejora de visión, mejor rendimiento, y seguridad.

5. Reducción del impacto ambiental

Sin embargo, la Implementación de estas tecnologías traen consigo impactos negativos como:

1. Costos elevados que no todas las empresas están en condiciones de adquirir.
2. Se puede dar una dependencia tecnológica lo que puede ocasionar vulnerabilidad de las empresas en caso de fallos técnicos o por problemas de conectividad.
3. Impacto negativo en el empleo, al disminuir la necesidad de una cantidad de trabajadores.
4. Regulaciones y normatividad que hay que cumplir para la implementación de estas nuevas tecnologías.
5. Impacto ambiental, puede existir en la producción de los autos híbridos y eléctricos debido principalmente a la extracción de materiales y la generación de energía para su producción, principalmente.

CONCLUSIONES

Las empresas analizadas son importantes en cuanto al uso de la tecnología 4.0 porque están implementando nuevas tecnologías e innovaciones, con el propósito de lograr una mayor productividad, eficiencia y seguridad, con lo que están ofreciendo mejores productos y servicios a sus clientes.

Las grandes empresas en industria de autopartes tienen un alto uso de tecnologías 4.0 (robótica, IoT, digitalización) y emplean cada vez más la IA: Sus productos son mejorados constantemente, cambian y se adaptan a los más recientes y últimos requerimientos de la industria automotriz, esto lo demuestra con la gran cantidad de patentes que generan. Esto beneficia a la industria, le permite competir exitosamente en la medida en que el consumidor final obtiene un mejor y más confortable producto, que además cuenta con sistemas de seguridad, prevención de accidentes y conectividad.

El crecimiento de la industria automotriz tiene efectos positivos y multiplicadores en la economía del país. Sus efectos se trasladan a otras actividades vinculadas a la industria entre ellas las de autopartes. Esta última es fundamental para las armadoras de autos que se encuentran en México y en la región que conforma el Tratado Comercial con Estados Unidos y Canadá.

Como se planteó en el trabajo, las empresas estudiadas cuentan con centros de investigación y desarrollo en distintas locaciones en el mundo; sus plantas principales están en economías desarrolladas como Estados Unidos, Alemania, Japón y Francia. Utilizan tecnología de punta, la cual desarrollan y mejoran constantemente, cuentan con personal dedicado a la investigación y a la ingeniería. Puesto que la producción se realiza en distintos países de los continentes, la tecnología se adopta y adapta a las condiciones y exigencias de los sitios en los que se instalan las plantas. Para el desarrollo, apropiación y aplicación de la

tecnología las empresas no actúan solas, se asocian, intercambian información y conocimientos con otras empresas. En la investigación se detectaron alianzas y asociaciones entre empresas.

Las empresas con el uso de la tecnología 4.0, innovan en gran cantidad de productos. Han aprovechado la información que se genera mediante diversos dispositivos de las máquinas y el equipo en conjunto, lo que se traduce en ventajas y ahorros para las empresas. A eso se agrega las ventajas de la utilización de la inteligencia artificial; el uso de los algoritmos inteligentes lleva a que las máquinas sean capaces de aprender y tomar decisiones que evitan errores y minimizan los paros a la producción.

La investigación en centros específicos en los que labora personal altamente calificado en ingeniería tiene como resultado innovaciones y productos mejorados que se integran a la producción de las armadoras, lo que da como resultado un mejor producto final (auto) con mejores características para el conductor con relación a la seguridad, mayor visibilidad, asistencia en el manejo, evitar percances la carretera, por ejemplo. Esto beneficia a las armadoras que compiten en un mercado en el que el avance tecnológico y la innovación son imprescindibles para permanecer en el mercado.

Para la descarbonización han desarrollado productos y procesos más limpios. Por ejemplo, Valeo con el propósito de reducir las emisiones de gases invernadero ha innovado en relación con el consumo de CO₂. Denso, busca mejorar el desempeño de los autos considerando el impacto ambiental. Son empresas que utilizan la IA en prácticamente todos sus productos y procesos, por lo que existe una constante capacitación a su personal en general para el uso de esas tecnologías.

Entre los principales hallazgos de esta investigación está el identificar la importancia que estas empresas han dado a la tecnología por las ventajas que se derivan de ella. El uso de tecnologías 4.0 y en concreto, de la inteligencia artificial, para ofrecer mejores productos y servicios a los clientes, se traducen en mejor desempeño de los productos, mayor seguridad y, por tanto, en mayores ventas. Se ha implicado a países como México en la participación y conocimiento de estas nuevas tecnologías, lo que ha generado empleo y un incremento en las capacidades tecnológicas y organizacionales en esta industria. Estas empresas son un ejemplo de lo que se ha logrado con la aplicación y adaptabilidad de las nuevas tecnologías, logrando estar presentes en varios países del mundo.

No obstante, reconocemos que, aunque el uso de estas nuevas tecnologías ha logrado grandes avances dando mayor satisfacción al cliente resolviendo problemas que se les presenta y ha beneficiado a las empresas logrando mayor eficiencia y menores costos, también es cierto que estos avances tienen sus inconvenientes, ya que se requiere personal más capacitado, en algunos procesos se requerirá menos personal, lo que puede disminuir el empleo. Así mismo la elaboración de nuevos productos implica la contaminación y erosión de grandes extensiones de tierra, como sucede con el litip. 

REFERENCIAS

- Clayton Christensen y Josep L. Bower. (1995). Disruptive technologies<. Catching the Wave. *Harvard Business Review* .
- Clayton, C. (1997). *El dilema de los innovadores: cuando las nuevas tcnologías pueden hacer fracasar a las grandes empresas*. Estados Unidos.
- Cortés Isunza, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017, Julio-Diciembre). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*(54), 33-45.
- Automotive Newa. (2023). *Automotive News*. Retrieved noviembre 2023, from Automotive News México:
<https://www.autonews.com/article/20160428/OEM10/160429818/denso-s-fiscal-year-net-falls-5-8-aisin-seiki-s-climbs-14>
- Bancomext. (2022, febero). *Ficha Automotriz -BancoMext*. Retrieved July 10, 2023, from Bancomext: https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2022/02/211214-Ficha-de-automotriz_G.pdf
- Bancomext. (S/F). *MÉXICO SERÁ CUARTO EN PRODUCCIÓN DE AUTOPARTES: INA*. Retrieved Noviembre 7, 2023, from bancomext: <https://www.bancomext.com/notas-de-interes/26138>
- Bancomext. (S/F). *México será cuarto en producción de autopartes: INA*. Recuperado el Noviembre de 2023, de Notas de interés: <https://www.bancomext.com/notas-de-interes/26138>
- Bosch. (2021). *innovación en tiempos de transición*. Retrieved Diciembre 2, 2024, from Bosch: https://www.bosch.com.mx/media/news/apk_2020/bosch_hoy_2020_web_es.pdf
- Bosch. (2023, Junio). *Bosch estima que las ventas de soluciones de AI alcanzarán los mil millones de euros en los próximos años*. Retrieved Octubre 11, 2022, from Bosch: <https://www.grupo-bosch.es/noticias-e-historias/bosch-estima-que-las-ventas-de-soluciones-de-ai-alcanzaran-los-mil-millones-de-euros-en-los-proximos-anosbosch-estima-que-las-ventas-de-soluciones-de-ai-alcanzaran-los-mil-millones-de-euros-en-los-proximos-an>
- Bosch. (2023). *Bosch. Reporte Anual* . Retrieved Diciembre 2023, from Bosch: <https://www.bosch.com/company/annual-report/>
- Bosch. (S/F). *Bosch Autopartes*. Retrieved from Bosch: <https://www.boschautopartes.mx/es/inicio>
- Bosch. (S/F). *Bosch. Nuestra responsabilidad*. Retrieved Diciembre 29, 2023, from <https://www.bosch.com.mx/nuestra-compania/nuestra-responsabilidad/>
- Dana . (2023). *Dana*. Retrieved from Dana.com: dana.com
- Dana. (2023, 12 7). *Informe Anual 2022*. Retrieved 2023, from Dana: <https://www.dana.com/contentassets/6180ae423fd94bd0a8b06d91852a234b/dana-annual-report-2022.pdf>
- DANA. (2024, Abril 30). *Dana gana un premio Automotive News PACE por su sistema de transmisión multimodo con división de energía*. Retrieved from DANA: https://www-dana-com.translate.goog/newsroom/press-releases/dana-earns-an-automotive-news-pace-award-for-multi-mode-power-split-transmission-system/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc

- DANA. (2024). *Informe Anual 2023*. Retrieved from DANA: https://www-dana-com.translate.goog/annual-report?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc
- Dana Argentina. (2022). *Dana*. Retrieved from la fuerza motriz del mañana en Dana Lindley Technology: <https://dana.com.ar/innovacion-y-tecnologia/la-fuerza-motriz-del-manana-en-dana-lindley-technology-center/>
- Dana. (S/F). *Iniciativa de innovación*. Retrieved from Dana: https://www-dana-com.translate.goog/company/innovation-technology/innovation-initiative/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc
- Deloitte. (2022). *La 4ª Revolución Industrial en el sector de la automoción*. Retrieved 10 2023, from Manufacturing articles: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/cuarta-revolucion-industrial-sector-automocion.html>
- Denso. (2022). *Denso*. Retrieved septiembre 2023, from Denso / Catálogos: <https://www.densoautoparts.com/es/catalogos/>
- Denso. (2023). *Denso carreras en México*. Retrieved from <https://jobs.densomex.com/>
- Denso. (2023). *Denso en el mundo*. Retrieved noviembew 2023, from Denso 20 años en México: <https://www.denso.com/mx/es/about-us/at-a-glance/>
- Denso. (2024, Junio 12). *DENSO Global News*. Retrieved from DENSO: <https://www.densoautoparts.com/es/noticias/>
- Denso. (2024, Junio 13). *NTT DATA Y DENSO firman un acuerdo estretégico para el desarrollo de software*. Retrieved from DENSO: <https://www.denso.com/global/en/news/newsroom/2024/20240613-g01/>
- Denso México. (2023). *Denso Creating the Core*. Retrieved noviembre 2023, from Denso en México: <https://www.denso.com/mx/es/about-us/at-a-glance/>
- Denso-X. (s/fecha). Retrieved from Computación cuántica, Denso aplica esta tecnología de última generación para resolver problemas: <https://denso-x.com/stories/quantum-computing-denso-is-applying-this-next-generation-technology-to-solve-real-world-problems/>
- El Economista. (2024, marzo 28). Top de países productores de autos: México ocupa la séptima posición. *El Economista*.
- Estrella, V. (2022, Agosto 2022). Negocios queretanos van por proveeduría de indirectos para reforzar las cadenas de suministro. *El Economista*.
- González, L. (2024, Octubre 7). Industria automotriz generó 17% más divisas que remesas y turismo: AMIA. *El Economista*.
- González, L. (2020, Febrero 10). México será cuarto en producción de autopartes: INA. *El Economista*.
- González, L. (2024, Octubre 7). Industria automotriz generó 17% más divisas que remesas y turismo: AMIA. *El Economista*.
- Gonzalez, L. (2021, Mayo 6). Bosch invertirá hasta 100 millones de dólares en México durante este 2021. *El Economista*.
- Hernández del Arco, L. (2023, Febrero 17). *¿Por qué tiene tanta importancia la industria automotriz en México?* Retrieved Julio 26, 2023, from AS México: <https://mexico.as.com/motor/por-que-tiene-tanta-importancia-la-industria-automotriz-en-mexico-n/>

- IDC. (2023, Diciembre). Inteligencia artificial (IA), aproximación al concepto, sus elementos y características. *Inteligencia Artificial*(Número Especial), 1-59.
- INA. (S/F). *Evolución y Perspectivas del Sector Automotriz*. Retrieved Diciembre 5, 2023, from INA:
https://na.eventscloud.com/file_uploads/0d5fd76faa05c267a5310cd8051b66bb_5.DHL_MEX_INA_OA.pdf
- Inzunza, Izar, Bocarando, Aguilar, Larios. (2017). El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas futuras. *Conciencia Tecnológica (Redalyc)*(54).
- Issuu. (2019, Noviembre 4). Retrieved Diciembre 27, 2023, from Industria 4.0:
https://issuu.com/mexicoindustrynews/docs/suplemento_digital_industria_4.0_final_issuu
- McCarthy. (2023, noviembre). Inteligencia artificial, aproximación al concepto, sus elementos y características. *idc ediciones especiales*(año 37), 1-16.
- Magdaleno, M. (2021, mayo 7). Bosch desarrolla proyectos de Industria 4.0 en México. *Reportero industrial mexicano*.
- Medina Ramírez, S. (2013, Mayo-Junio). La industria de autopartes. *Comercio Exterior*(63).
- Medina Ramirez, S. (2013, Mayo-Junio). La industria de autopartes. *Comercio Exterior*(63).
- mesbook.com. (2023, septiembre 14). *Industria 4.0 en el sector automotriz*. Retrieved from Mesbook: <https://mesbook.com/industria-4-0-sector-automotriz/#:~:text=La%20industria%204.0%20ha%20permitido%20desarrollar%20un%20sistema%20de%20monitorizaci%C3%B3n,de%20componentes%2C%20ensamblajes%20y%20acabados>
- Moglia Clabs. (2023, 03 31). *México Forbes*. Retrieved from Transformación digital: Desafíos y oportunidades para las empresas: <https://forbes.com.mx/transformacion-digital-desafios-y-oportunidades-para-las-empresas/>
- Nava Aguirre, K. M., Silva Ábrego, J. G., Guajardo García, A., Leyva Velazquez, O. U., & Torres Camarillo, C. Y. (2019, Julio-Diciembre). La incorporación de la Industria 4.0 en el sector de autopartes en Nuevo León, México. *Innovaciones de Negocios*, 16(32). doi: <https://doi.org/10.29105/rinn16.32-3>
- Pérez-Ibañez, J. (2022, diciembre 1). Trayectorias regionales en la cadena global automotriz. ¿Heterogeneidad u homogeneidad? *Ciclos hist. econ. soc. vol.33 no.59 dic. 2022 Epub 01-Dic-2022*, 33(59).
- Pineda, M. (2023, Junio 22). *Industria automotriz en México: balance 2022 y proyecciones 2023*. Retrieved Diciembre 2, 2023, from MMS: <https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-automotriz-en-mexico-balance-2022-y-proyecciones-2023>
- Pineda, Mauricio. (11 de 07 de 2023). *La inteligencia artificial en la programación CMC*. Obtenido de Noticias/post uso de la intelifencia artificial: <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/uso-de-la-inteligencia-artificial-en-programación-cnc>
- Porter, M. (1987). *Ventaja Competitiva*. México, México: CECSA. Retrieved Noviembre 3, 2024
- Rendón, Pomar, Martínez. (2022). Factores que contribuyen en la adopción del comercio electrónico en las Mipymes. *Política y Cultura*(58), 125-147.
- Rodríguez, Soto. (2015, 12 11). La industria automotriz en China: competitividad y perspectiva en el comercio internacional. *Orientando, temas de Asia Oriental, Sociedad, Cultura y Economía*, 1(9), 1-33.

- Santillán, M. (2022, Julio 4). *México se convierte en el cuarto productor de autopartes a nivel mundial*. Retrieved from Autocosmos:
<https://noticias.autocosmos.com.mx/2022/04/07/mexico-se-convierte-en-el-cuarto-productor-de-autopartes-a-nivel-mundial>
- Satista. (n.d.). *Principales proveedores automovilísticos mundiales según ingreso*. Retrieved 29 de octubre 2023, from Estadísticas:
<https://es.statista.com/estadisticas/633999/principales-proveedores-automovilisticos-mundiales-segun-ingresos/>
- Solili. (2021, diciembre 20). *Tier 1 líderes en desarrollo de proveedores en Querétaro*. Retrieved from Solili: <https://www.solili.mx/noticias/empresas-tier-1-como-lideres-en-desarrollo-de-proveedores-en-queretaro/4150/>
- Somos Industria . (2021, julio). *Somos Industria* . Retrieved from Expanden Honeywell y Denso su alianza: <https://www.somosindustria.com/articulo/expanden-honeywell-y-denso-su-alianza/>
- Somos industria . (2022, Enero). *Dana busca proveedores competitivos*. Retrieved Noviembre 12, 2023 , from Somos industria : <https://www.somosindustria.com/articulo/dana-busca-proveedores-competitivos/>
- Somos industria . (2023, Agosto). *Dana sigue creciendo* . Retrieved Noviembre 4, 2022, from Somos industria :
https://www.bosch.com.mx/media/news/apk_2020/bosch_hoy_2020_web_es.pdf
- Statista. (2023). *Principales proveedores automovilísticos mundiales según ingresos*. Retrieved Octubre 29, 2023, from Statista:
<https://es.statista.com/estadisticas/633999/principales-proveedores-automovilisticos-mundiales-segun-ingresos/>
- Statista. (n.d.). *Principales proveedores automovilísticos mundiales según ingresos*. Retrieved Octubre 29, 2023, from Statista:
<https://es.statista.com/estadisticas/633999/principales-proveedores-automovilisticos-mundiales-segun-ingresos/>
- Valeo. (2019). *Proyecto SISTEVE*. Retrieved from Valeo Service:
<https://www.valeoservice.es/es/proyecto-sisteve>
- Valeo. (2022). *Nuevo desarrollo de tecnología para sistemas térmicos*. Retrieved from Valeo Service:
<https://www.valeoservice.es/es/nuevo-desarrollo-de-tecnologias-para-sistemas-termicos>
- Valeo. (2022, 06 22). **VALEO, NUEVAMENTE CLASIFICADO COMO EL PRINCIPAL SOLICITANTE FRANCÉS DE PATENTES DEL MUNDO**. Retrieved from Valeo Service:
<https://www.valeoservice.mx/es-mx/newsroom/valeo-nuevamente-clasificado-como-el-principal-solicitante-frances-de-patentes-del-mundo>
- Valeo. (2023). Retrieved from Valeo en México: <https://www.valeo.com/es/mexico/>
- Valeo. (2023). *Valeo*. Retrieved septiembre 2023, from Valeo en México:
<https://www.valeo.com/es/mexico/>
- Valeo Services. (2022). *Valeo services noticias*. (Valeo, Producer) Retrieved 15 octubre 2023, from VALEO SERVICE - UN ENFOQUE SOSTENIBLE PARA UN MERCADO SECUNDARIO MÁS SOSTENIBLE: <https://www.valeoservice.mx/es-mx/newsroom/valeo-service-un-enfoque-sostenible-para-un-mercado-secundario-mas-sostenible>
- Yin. (2018). *Case Study Research and applications. Design and Methods*., Estados Unidos: SAGE Publications, Inc.



Como citar:

Pomar Fernández, S., y Rendón Trejo, A. (2024) El uso de las nuevas tecnologías en empresas de autopartes. *Administración y Organizaciones*, 27 (Especial).

<https://doi.org/10.24275/VOPY9746>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.

AUTORES

Araceli Rendón Trejo

Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Economía en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Contacto: arendo@correo.xoc.uam.mx

Charles Hall

SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, EE.UU. Profesor-Investigador en Ciencias Ambientales. Doctor en Zoología por la University of North Carolina, EE.UU. Contacto: chall@esf.edu

Daniel Villavicencio Carbajal

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Profesor-Investigador. Doctor en Sociología Industrial, Universidad de Lyon, Francia. Especialidad en Economía, Gestión y Políticas de Innovación. Contacto: dvillavic@correo.xoc.uam.mx

Graciela Carrillo González

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Jefa del Departamento de Producción Económica. Doctora en Economía por la Universidad de Barcelona, España. Contacto: graci2992@gmail.com

Jaime Muñoz Flores

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Profesor-Investigador. Doctor en Política Económica y Desarrollo, Áreas de especialidad: Macroeconomía Dinámica, Economía Matemática. Contacto: jmflores@correo.xoc.uam.mx

Joel García Galván

Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Profesor-Investigador. Candidato a Doctor en Ciencias para el Desarrollo Sustentable. Contacto: joel.garcia@cucea.udg.mx

José Ignacio Ponce Sánchez

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Ciencias Sociales en el Área de Economía y Gestión de la Innovación por la Universidad Autónoma Metropolitana. Contacto: jiponce@correo.xoc.uam.mx

José Luis Sampedro Hernández

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Ciencias Sociales, Área Economía y Gestión de la Innovación, por la Universidad Autónoma Metropolitana, México. Especialidad en Economía de la innovación, Políticas de Ciencia Tecnología e Innovación. Contacto: jsampedro@cua.uam.mx

Laura Patricia Peñalva Rosales

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Profesora-investigadora. Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana, México y Doctora en Ciencias de Gestión por la Université Lumière Lyon III, Francia. Especialidad en Aprendizaje Organizacional y Gestión del Conocimiento. Contacto: rlp7108@correo.xoc.uam.mx

Luis Fernando González Guevara

Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Profesor-Investigador. Director de Asesoría Ambiental del Pacífico SC. Doctor en Ciencias del Desarrollo Sustentable y Turismo. Contacto: luis.guevara@academicos.udg.mx

Regina Leal Güemez

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Administración por la Western Sydney University, Australia. Contacto: rlg@xanum.uam.mx

Ruth Selene Ríos Estrada

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Contacto: rriose@correo.xoc.uam.mx

Salvador De León Jiménez

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México. Profesor-investigador. Doctor en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Contacto: sdj@azc.uam.mx

Salvador Peniche Camps

Universidad de Guadalajara CUCEA, Jalisco, México. Profesor-Investigador. Doctor en Economía Ecológica por El Colegio de Michoacán. Contacto: speniche@cucea.udg.mx

Salvador T. Porras Duarte 

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Administración por la University of Technology Sydney (UTS), Australia. Contacto: stp@xanum.uam.mx

Sergio Gustavo Astorga 

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Doctorante. Magíster en Estudios Latinoamericanos por la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Especialidad en Economía de la innovación. Contacto: sastorga@uvq.edu.ar

Silvia Pomar Fernández 

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. Profesora-Investigadora. Doctora en Ciencias de gestión por la Université Jean Moulin Lyon III, Francia, y Doctora en Estudios Organizacionales por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México. Contacto: spomar@correo.xoc.uam.mx



POLÍTICA EDITORIAL

Presentación

Administración y Organizaciones es una revista científica editada por la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México, de circulación semestral en flujo continuo, especializada en el campo de la administración y el análisis organizacional. Esta publicación se instituye como un medio de difusión de avances y resultados de investigación aplicada, capaces de generar nuevas miradas académicas en los contextos locales y profundizar en las teorías, metodologías y debates actuales en el análisis organizacional latinoamericano.

Enfoque y alcance

Administración y Organizaciones nace en noviembre de 1998 con el objetivo de mostrar un acercamiento con la realidad administrativa y organizacional, a partir de trabajos derivados de la investigación científica rigurosa en relación al análisis de las organizaciones. Esta publicación está dirigida a la comunidad académica: investigadores, profesores, estudiantes de licenciatura y posgrado, así como a actores gubernamentales, tomadores de decisiones y miembros de la comunidad científica de organizaciones privadas, públicas y sociales e interesados en los tópicos de la revista.

Sus artículos son arbitrados por pares bajo el método de doble ciego. Es una publicación semestral de flujo continuo que aparece en enero y julio de cada año en versión en línea. En *Administración y Organizaciones*, recibir, dictaminar y publicar no tiene ningún costo para los autores.

Áreas temáticas

- I. Administración y Organizaciones publica artículos originales de investigación aplicada o teórica en idioma español, inglés y portugués en las siguientes áreas temáticas:
- II. Teoría de la organización, Estudios Organizacionales y Estudios Críticos de la Administración.
- III. Análisis Financiero, Comportamiento Organizacional, Informática Administrativa, Producción, y Administración estratégica. Innovación, Cambio Tecnológico, Gestión Ambiental, Gestión del Conocimiento, y Emprendimiento.
- IV. Metodología de la Investigación en Administración y Estudios, Organizacionales, e Intervención.

Así también son bienvenidos artículos de investigación de áreas afines a las señaladas anteriormente.

Formatos de las colaboraciones

Administración y Organizaciones integra dos formatos de publicación:

- a) **Artículos teóricos.** La extensión deberá ser de 15 a 20 cuartillas.

- b) **Reseñas.** En esta sección se publicarán reseñas críticas de libros, artículos y temas recientes y destacados, relacionados con la administración y las organizaciones. Las reseñas incluirán libros y/o artículos de reciente publicación, destacando los aportes de la obra al campo de estudio en el que se inserta. Estas reseñas serán solicitadas a investigadores reconocidos en el área, con el objetivo de ofrecer un análisis profundo y actualizado sobre los avances y tendencias en el campo.
- I. Reseñas de libros: Análisis crítico de libros de reciente publicación (máximo cuatro años) que visibilicen los aportes de la obra al campo de la administración y las organizaciones. Se sugiere que la reseña tenga un título distinto al de la obra y que refleje la perspectiva del autor de la reseña.
 - II. Reseñas de artículos académicos: Evaluaciones críticas de artículos recientes publicados en revistas científicas, destacando su relevancia, metodologías empleadas y contribuciones al área de estudio.
 - III. Reseñas temáticas: Análisis de temas actuales y destacados en el campo de la administración y las organizaciones. Estas reseñas pueden abordar tendencias emergentes, debates académicos y desarrollos recientes en la disciplina.
 - IV. Reseñas de publicaciones no convencionales: Evaluaciones de informes técnicos, estudios de caso, documentos de política y otras publicaciones relevantes que no sean libros o artículos tradicionales, pero que aporten valor al campo de la administración y las organizaciones.

Tipos de artículos

Para iniciar el proceso de publicación se reciben únicamente tres tipos de artículos:

- a) Artículos de Investigación, presenta de forma detallada, los resultados originales de proyectos de investigación inéditos. Su estructura incluye seis apartados: Introducción, Marco teórico, Metodología, Análisis, Resultados, y Conclusiones. Es imprescindible señalar las limitaciones de la investigación y la relevancia de los hallazgos en relación con el estado del arte.
- b) Artículos de Reflexión, presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales en el campo de la administración o el estudio de organizaciones. Es indispensable que los trabajos sean originales e inéditos.
- c) Artículos de Revisión del Estado del Arte, resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o inéditas, sobre los tópicos afines a la revista, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo contemporáneo. Debe presentar una cuidadosa revisión bibliográfica analítica de por lo menos 50 referencias. Es imprescindible que estos trabajos sean originales e inéditos y contribuyan a reunir y analizar los debates académicos contemporáneos.

No se aceptan trabajos escolares, manuales de capacitación, estudios de caso o trabajos previamente presentados en congresos o publicados en memorias. Dependiendo la disponibilidad se publican reseñas de libros.

Criterios editoriales

Los artículos enviados deberán sujetarse a los siguientes requisitos editoriales:

- Ser inéditos, no haberse publicado en ningún medio impreso o electrónico, ni haberse postulado simultáneamente en ninguna otra publicación
- Enviar sólo un artículo por autor o coautor

- La extensión de los artículos deberá ser de 15 a 20 cuartillas (incluyendo cuadros, gráficas y figuras), con tipografía Arial de 12 puntos, interlineado sencillo, márgenes de 3
- cm laterales y 2.5 cm superior e inferior y paginación corrida. En todos los casos el escrito, deberá ser enviado en formato Word (.doc o .docx)
- Dentro de las 20 cuartillas no se cuenta la extensión del apartado de bibliografía
- Tener título en idioma español, y su traducción al inglés

Incluir un resumen en un solo párrafo, en el idioma original y su traducción al inglés (abstract); cada uno con un máximo de 150 palabras, y con 4 palabras clave (keywords) en ambos idiomas. El resumen deberá incluir:

- a) Campo de investigación
- b) Objetivo del trabajo
- c) Metodología utilizada
- d) Resultados principales
- e) Conclusiones

Los resúmenes que superen la extensión estipulada en esta convocatoria no serán considerados.

Las palabras clave deben tener relación con el título, los objetivos y resultados. Dos palabras del vocabulario deben figurar en la lista Tesoros de la UNESCO y las otras dos restantes deben estar vinculadas al catálogo de la American Economic Association, Código Jel.

En caso de incluir tablas, gráficas, figuras y/o fotografías, el autor (es) deberá: a) presentarlas en un archivo por separado, sin candados ni restricciones; b) en formato original editable (Excel, PowerPoint, Word.); c) tonos suficientemente contrastados en blanco y negro; d) letra legible, e) numeración de páginas en sistema arábigo, f) título y fuente. El material fotográfico deberá presentarse en archivos individuales en blanco y negro de alta resolución (mínimo 300 dpi).

- La manera de citar dentro del texto (cita parentética) será en formato APA, Ejemplo: (Porter, 1991:55).
- Las citas menores a 40 palabras se colocan en el cuerpo del párrafo y entre comillas dobles con cita parentética al final.
- Las citas que superen 40 palabras de extensión serán colocadas en un párrafo aparte, todo con sangría, omitiendo comillas y con cita parentética al final.
- Cuando la cita es indirecta (paráfrasis) también debe figurar cita parentética al final de la idea.
- Si en el párrafo fue nombrado el autor o año de publicación, en la cita parentética sólo aparecerán los elementos restantes.
- Se presentarán notas a pie de página que no superen los 5 renglones y, que brinden aclaraciones o referencias sobre el punto específico del texto que se señale.
- En el apartado de bibliografía sólo se deben incorporar las referencias citadas en el cuerpo del texto.
- Dicha bibliografía deberá presentarse al final del artículo, de la siguiente manera:

Ejemplo de libro (se omite siempre el lugar de edición):

Herrera Cáceres, C. y Rosillo Peña, M. (2019). *Confort y eficiencia energética en el diseño de edificaciones*. Universidad del Valle.

Ejemplo de capítulo de libro:

Santiago, M. (2000). Reglas de acentuación. En E. Montolío, C. Figueras, M. Garachana, y M. Santiago (Eds.). *Manual práctico de escritura académica* (pp.15-43). Ariel.

Ejemplo de artículo de revista electrónica:

Herbst-Damn, K. L., y Kulik, J. A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. *Health Psychology*, 24, 225-229. <http://doi.org/10.1037/0278-6133.24.2.225>

Ejemplo de tesis:

Martínez Ribón, J. G. T. (2011) *Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <http://bdigital.unal.edu.co/10578/>

Ejemplo de periódico:

Carreño, L. (9 de febrero de 2020). La disputa gremial por los aranceles a las prendas de vestir. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/economia/la-disputagremial-por-los-aranceles-las-prendas-de-vestir-articulo-903768>

Página Web:

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1 de octubre de 2018). *Nuevos datos revelan que en el mundo uno de cada tres 50 adolescentes sufre acoso escolar*. <https://es.unesco.org/news/nuevos-datosrevelan-que-mundo-cada-tres-adolescentes-sufre-acoso-escolar>

Libro electrónico:

Fernández-Baca, J. (1997). *Dinero, precios y tipo de cambio* (2ª ed.). Universidad del Pacífico. <http://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1856>

Los siguientes ejemplos son los más utilizados, para mayor información sobre referencias en particular, consultar el Manual APA Séptima Edición, debido que son las normas a las que se apega la Revista *Administración y Organizaciones*.

Ficha de identificación

Junto con el artículo se deberá enviar una ficha de identificación con los siguientes datos del autor o autores:

- Nombre completo
- Institución a la que está adscrito
- Grado académico e institución que lo avala
- Áreas de investigación de su especialidad
- Correo electrónico
- Teléfono(s) donde se le pueda localizar

- Número ORCID (de no poseerlo, favor de registrarse en la plataforma Open Researcher and Contributor ID: <https://orcid.org/register>)

Proceso de evaluación por pares

Todos los trabajos son sometidos, en primera instancia, a un dictamen editorial, el cual consiste en verificar que el trabajo corresponda a la temática de la revista y que cumpla con todos los lineamientos establecidos en la presente convocatoria.

Sólo cuando se acredita el dictamen editorial, se procede a la firma de la declaratoria de originalidad necesaria para el registro formal, iniciando así el proceso de dictamen académico. Posteriormente, los artículos serán sometidos a un proceso de dictamen por pares académicos bajo la modalidad de dobles ciegos a cargo de dos miembros de la cartera de árbitros de la revista, la cual está compuesta por reconocidos académicos de instituciones de educación superior o centros de investigación nacionales e internacionales.

Los trabajos serán siempre sometidos a dictamen con árbitros externos a la institución de adscripción de los autores. Las resoluciones del proceso de dictamen son:

- I. Aprobado para publicar sin cambios.
- II. Aprobado para publicar cuando se hayan cumplido las correcciones menores.
- III. Condicionado a cambios obligatorios sujeto a reenvío. Este proceso se puede repetir hasta un máximo de dos rondas, si en este punto el documento aún no es recomendado para su publicación, el artículo será rechazado sin opción a un nuevo envío. Al recibir las observaciones el autor tendrá un plazo de siete días naturales para hacer llegar al editor la nueva versión del trabajo, de hacerlo fuera de este plazo, el documento iniciará un nuevo proceso de dictamen.
- IV. Rechazado. En el caso de los resultados discrepantes se remitirá a un tercer dictamen, el cual será definitivo. Los resultados de los dictámenes son inapelables. Con el fin de mejorar la lectura de los textos, el editor puede hacer cambios menores al estilo de los trabajos sin previa consulta de los autores.

El límite de reenvíos de un trabajo para su corrección por Administración y Organizaciones es de siete días naturales, después de ello el artículo es rechazado al entenderse que los autores no desean su publicación. Una vez que el autor reenvía el artículo con las primeras correcciones, éste será enviado a Dictamen Doble Ciego, y una vez recibidos los dictámenes el artículo se le reenviará al autor, el cual contará con dos semanas para las correcciones finales o, si los dictámenes contiene la leyenda de rechazado, se le avisará que el trabajo no fue aceptado.

La coordinación editorial de la revista informará a los autores el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación y edición.

Código de ética

La revista Administración y Organizaciones se suscribe al código de ética para la actuación y desempeño de los actores involucrados en el proceso de publicación de esta revista (Editores, Comité Editorial, Autores y Revisores) establecidos por el Comité de Ética para Publicaciones (COPE por sus siglas en inglés) y disponible en www.publicationethics.org.

Obligación ética de los autores

Los autores deben garantizar que los artículos son producto de su trabajo original como investigadores y que los datos presentados han sido obtenidos de manera ética, por lo que deben enviar la carta de originalidad y garantizar que no infringen los derechos de autor.

El artículo no podrá ser sometido total o parcialmente a otra publicación.

Los autores no podrán postular publicaciones redundantes en diferentes números de la revista, entendiéndose por ello cuando dos o más documentos comparten los mismos datos, hipótesis, puntos de discusión o conclusiones.

Los autores deberán garantizar el estricto apego y aceptación a los criterios editoriales establecidos por Administración y Organizaciones.

Es obligación de los autores respetar la autoría de todas las fuentes que han sido utilizadas en la elaboración de su artículo; por eso debe proporcionar los datos exactos de las referencias bibliográficas, hemerográficas, electrónicas y otras técnicas de recolección de datos. Asimismo, se comprometen a no omitir ningún material significativo.

Atender las observaciones de los dictámenes editorial y académico de manera puntual y clara.

Incurrir en cualquier falta a los anteriores puntos constituye una conducta no ética e inaceptable; en consecuencia, el artículo propuesto podría ser eliminado y no considerado para su publicación; igualmente, el autor no podrá ser contemplado para ninguna actividad relacionada con la revista.

Informe de originalidad

Es responsabilidad de los autores garantizar que los manuscritos enviados a Administración y Organizaciones sean originales, que no hayan sido publicados y no estén considerados para su publicación en otra revista. Como parte de una política de la revista, todos los manuscritos recibidos serán sometidos a un software para identificar que las fuentes utilizadas fueron citadas de manera correcta y asegurar que los artículos sean originales e inéditos, aquellos artículos que tengan párrafos clonados de otras fuentes no continuarán con el proceso de dictaminación.

Aviso de privacidad

Los nombres y direcciones de correo electrónico utilizados en el proceso de envíos sólo serán usados para fines editoriales.

Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco
División de Ciencias Sociales y Humanidades
Departamento de Producción Económica

Revista *Administración y Organizaciones*

CONVOCATORIA PERMANENTE

La revista *Administración y Organizaciones* invita a investigadores y profesionales de las ciencias económico-administrativas a enviar artículos de investigación aplicada, artículos de reflexión y reseñas derivados de la investigación científica para su posible publicación en próximos volúmenes. Los trabajos deberán ajustarse a los criterios editoriales y estar alineados con las líneas temáticas de la revista.

Administración y Organizaciones está indexada en los siguientes directorios:



Y bajo una licencia de Creative Commons:

